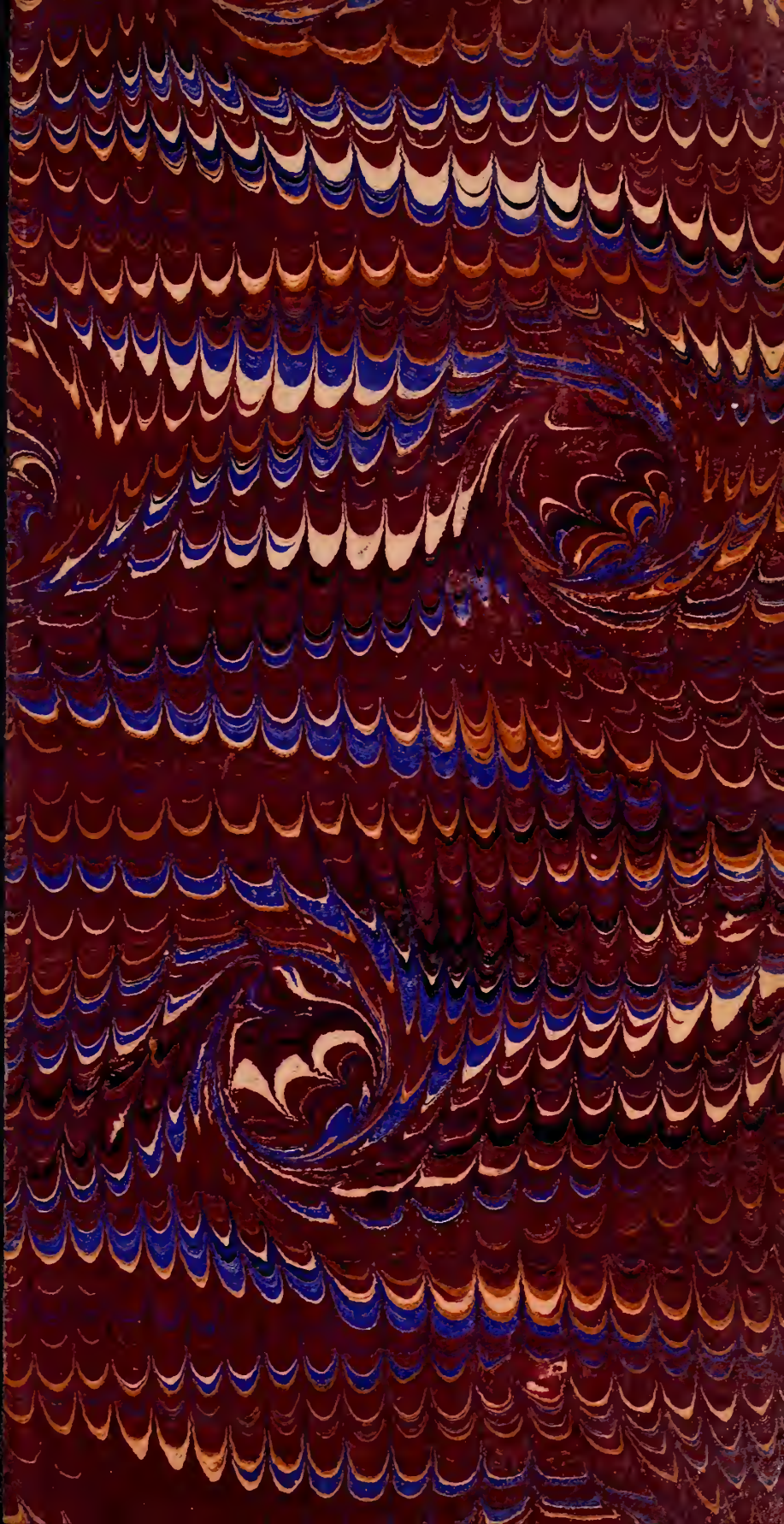


Q56
.R47
*

FOR THE PEOPLE
FOR EDVCATION
FOR SCIENCE

LIBRARY
OF
THE AMERICAN MUSEUM
OF
NATURAL HISTORY

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

REVUE

DES

QUESTIONS SCIENTIFIQUES

PUBLIÉE

PAR LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE DE BRUXELLES

Nulla unquam inter fidem et rationem
vera dissensio esse potest.
Const. de Fid. cath., c. IV.

TROISIÈME SÉRIE

TOME V — 20 JANVIER 1904

(VINGT-HUITIÈME ANNÉE; TOME LV DE LA COLLECTION)

LOUVAIN
SECRÉTARIAT DE LA SOCIÉTÉ SCIENTIFIQUE
(**M. J. Thirion**)
11, RUE DES RÉCOLLETS, 11

1904

08. ৩৫৮৬৭.৩৬৮৮

Heliog Dujardin, Paris

LES TRAVAUX ET LA VIE

DE

PAUL HAUTEFEUILLE

MEMBRE DE L'INSTITUT DE FRANCE, PROFESSEUR A LA SORBONNE

La *Société scientifique de Bruxelles* a perdu en Paul Hautefeuille l'un des membres qui lui faisait le plus d'honneur, à la fois par sa haute valeur morale et par ses découvertes. Lors de la dernière exposition universelle, en 1900, on regardait avec admiration la belle collection où étaient rassemblés les principaux spécimens de ses travaux : on y voyait comment il avait reconstitué les pierres les plus rares à l'état de cristaux mesurables : ce fut son triomphe.

Hautefeuille, simple et modeste, ne sortait guère de sa maison et de son laboratoire. Travailleur infatigable, se confinant dans ses études et dans sa vie de famille, il ne s'éloignait guère de Paris. Mais s'il n'a pas assisté en Belgique aux réunions de la *Société scientifique de Bruxelles*, il en suivait de loin les travaux avec beaucoup d'intérêt : il était uni de cœur au but philosophique si élevé qui est la grande raison d'être de cette Société.

Paul Hautefeuille, décédé à Paris le 8 décembre 1902, était né à Étampes le 2 décembre 1836. Son père y était notaire et il fut appelé ensuite à diriger à Paris le contentieux de la Compagnie des chemins de fer de Paris à Lyon et à la Méditerranée. Admis en 1855 à l'École Centrale des

Arts et Manufactures, Hautefeuille en sortit classé le troisième et le premier diplômé des ingénieurs chimistes. Dumas, qui était président du conseil d'administration de l'École Centrale, avait deviné ses aptitudes, comme il fit pour beaucoup d'autres jeunes savants. Il le signala à son élève et ami Henri Sainte-Claire Deville qui l'admit dans son laboratoire de l'École Normale supérieure et le dirigea avec cette bienveillance séduisante dont il avait le secret.

A force de travail, Hautefeuille trouva le moyen de mener de front deux occupations distinctes, les recherches de chimie et les études médicales. En 1865, il soutenait brillamment une thèse de doctorat en médecine (recherches sur les résines) et, en Sorbonne, une thèse de doctorat ès sciences (reproduction des minéraux titanifères). A partir de ce moment, il se livra exclusivement aux recherches de chimie.

Pendant vingt-trois ans, Hautefeuille jouit de l'hospitalité scientifique de l'École Normale et l'honora par ses travaux incessants : il y fut attaché officiellement, comme maître de conférences, pendant neuf ans, jusqu'au jour où il fut nommé professeur à la Sorbonne (1885). En 1895, il fut élu membre de l'Académie des Sciences dans la section de minéralogie.

Hautefeuille a été l'un des plus brillants élèves de cette belle école de chimie qu'avait fondée Henri Sainte-Claire Deville et parmi lesquels on peut citer entre autres MM. Debray, Troost, Ditte, Gernez, Isambert, Baubigny, Le Chartier, Grandeau. Plusieurs de ses travaux ont été faits en collaboration avec différents élèves de Deville et en particulier avec M. Troost. Il a été, avant tout, chimiste. Pour rendre compte de son œuvre, il est très difficile d'y séparer complètement la chimie de la minéralogie : ce sont d'ailleurs deux sciences intimement liées entre elles.

I

C'est surtout la chimie minéralogique qui, dans l'œuvre de Hautefeuille, lui appartient en propre.

Tout jeune, il débute par des recherches extrêmement remarquables sur les minéraux titanifères. Ce travail est fait sous l'inspiration de Deville qui, à cette époque, venait de publier ses belles expériences sur la cristallisation effectuée sous l'influence des hydracides. Lorsqu'on allait dans son laboratoire, à ces réunions familières du dimanche, si présentes à la mémoire de tous ceux qui y ont assisté, Deville montrait à ses jeunes amis, avides de nouveautés scientifiques, des tubes soumis pendant des mois entiers à des alternatives de chauffage et de refroidissement : l'oxyde ferrique amorphe, par exemple, sous l'influence de petites quantités d'acide chlorhydrique, se transforme lentement en oxyde cristallisé. Cette méthode simplifie la reproduction du *fer spéculaire des volcans* qui avait été réalisée par Gay-Lussac au moyen du chlorure ferrique et de la vapeur d'eau réagissant vers la température du rouge. Elle montre l'influence des équilibres chimiques dans ces réactions et donne une explication rationnelle de la formation des cristaux : dès qu'un petit cristal s'est produit, il tend à grossir parce qu'il a, pour un poids donné, une surface moindre que le corps resté à l'état de poussière amorphe et que dès lors il a moins de chances de s'altérer par les actions inverses : comme Deville le disait avec sa malicieuse bonhomie, ici, de même que trop souvent ailleurs, « les gros mangent les petits ».

Hautefeuille a appliqué cette méthode à un très grand nombre de minéraux : jusqu'à la fin, son laboratoire de la Sorbonne était rempli de tubes chauffés ainsi très longtemps et destinés à réaliser diverses synthèses minéralogiques.

Celle qu'il a réussi à effectuer, dès le début, pour les états trimorphes de l'anhydride titanique, est l'une des découvertes à laquelle son nom restera le plus longtemps attaché. Déjà Daubrée avait reproduit l'un de ces trois états, la *brookite*, en décomposant lentement le chlorure de titane par la vapeur d'eau. En employant comme agent minéralisateur tantôt l'acide chlorhydrique, tantôt l'acide fluorhydrique, Hautefeuille a pu reproduire à volonté par une même réaction le *rutile*, l'*anatase* et la *brookite* ; c'est la température seule qui détermine la forme sous laquelle se fait la cristallisation. Ces expériences ont toute la netteté et l'élégance qui caractérisent l'école de Deville.

Hautefeuille, dans ses synthèses minéralogiques, n'oubliait pas qu'elles ont un intérêt spécial pour l'interprétation des phénomènes naturels. Aussi, a-t-il employé de préférence comme agents de cristallisation, les réactifs qui se rencontrent le plus souvent dans les gîtes métalliques et dans les émanations volcaniques : l'acide chlorhydrique, la vapeur d'eau, le fluorure de calcium.

C'est dans cet ordre d'idées qu'il a beaucoup étudié la cristallisation de la silice. Les plus remarquables de ses expériences à ce sujet sont celles par lesquelles il a obtenu la *tridymite*, cette espèce nouvelle découverte dans les trachytes par vom Rath et déjà reproduite par Rose. Hautefeuille l'a formée en maintenant de la silice amorphe dans du tungstate de sodium vers la température de fusion de l'argent, soit vers 954°. Si la température est seulement de 750°, c'est du quartz que l'on obtient. En variant les conditions de l'expérience, soit seul, soit avec M. Perrey, Hautefeuille a obtenu le quartz avec les principales formes secondaires qu'il présente dans la nature.

La reproduction des silicates alumineux a aussi beaucoup occupé Hautefeuille. Il a réalisé la synthèse des feldspaths, orthose, albite, etc., en maintenant leurs éléments en présence avec certains sels jouant le rôle de fondants : tungstates, vanadates, etc. C'est la première fois

qu'étaient reproduits les feldspaths. Dans ces expériences, la cristallisation est le résultat final de formations et de destructions successives s'accomplissant au-dessous du point de fusion du minéral qu'il s'agit de préparer. Des sels fusibles sans décomposition à haute température peuvent être ainsi assimilés aux dissolvants neutres qu'on utilise aux basses températures dans les expériences classiques. Il est très curieux que le moindre écart dans le dosage de la silice, lorsqu'on veut obtenir l'albite, entraîne la formation de la tridymite ou de l'oligoclase. Lorsqu'on remplace la soude par la potasse, on a l'orthose.

Par des procédés semblables, Hautefeuille a reproduit : la leucite, la néphéline, la pétalite, les micas, la phénacite, la willémite, la cymophane, la vanadinite, le zircon, le béryl et l'émeraude verte.

En prolongeant le chauffage pendant plusieurs mois, ces cristaux ont été amenés à des dimensions relativement considérables : un centimètre pour le zircon, plusieurs millimètres pour l'émeraude verte, identique au produit naturel.

Le corindon a été reproduit en prenant l'acide chlorhydrique comme agent minéralisateur et en le chauffant vers 600° avec de l'alumine préparée en décomposant l'oxalate par une chaleur ménagée, de manière à ce qu'elle n'ait pas éprouvé la modification isomérique désignée sous le nom d'*alumine cuite*. Ainsi les procédés synthétiques pour obtenir le corindon donnent, d'après Hautefeuille, des cristaux d'autant plus semblables aux cristaux naturels qu'ils sont produits à une température moins élevée.

Diverses espèces minérales nouvelles ont été formées par Hautefeuille dans ses recherches. Celle qui a le plus fixé l'attention est le corps qu'il appelait *phosphate de silice*, obtenu en collaboration avec M. Margottet : il cristallise sous *quatre* formes incompatibles entre elles. On retrouve encore dans ces expériences, comme pour l'anhydride titanique, l'influence de la température sur la

forme cristalline : les cristaux hexagonaux du phosphate de silice se forment au-dessous de 300°, les lamelles pseudo-hexagonales vers 360°, les octaèdres réguliers entre 700° et 800°, les prismes clinorhombiques vers 900°.

A ce travail se rattache aussi la production des phosphates de sesquioxydes.

II

Quelques-uns des travaux de Hautefeuille se rapportent d'une manière toute spéciale à la cristallographie.

On peut citer ses observations sur la blende zônée, variété dans laquelle des séries de bandes alternantes, de couleurs différentes, sont normales à l'un des axes ternaires du cube. Hautefeuille pense pouvoir conclure qu'elle possède probablement une symétrie rhomboédrique et qu'elle établit ainsi le passage entre la blende ordinaire et la blende cadmifère déjà rattachée à la wurtzite. Si l'on maintient plusieurs heures la blende zônée à une température très élevée, les diverses lamelles hémitropes disparaissent, car il ne subsiste qu'une seule orientation optique, et c'est celle qui correspond à l'axe ternaire perpendiculaire aux bandes. L'action sur la lumière polarisée devient en même temps plus énergique et se rapproche de celle qu'exerce la wurtzite. Quant aux variétés de blende qui sont isotropes, l'action d'une haute température les modifie : elles perdent, comme la blende zônée, la propriété de se laisser cliver, mais elles n'acquièrent pas la propriété d'agir sur la lumière polarisée.

Hautefeuille a reconnu que la glucine cristallisée possède l'hémimorphisme : sa forme dominante varie suivant les conditions de sa formation.

Il a étudié la structure des émeraudes de synthèse et il a montré comment leur forme se modifie lorsqu'on y rem-

place partiellement l'alumine ou la glucine par un autre oxyde.

A ces travaux se rattachent encore de curieuses observations sur la cristallogénie de divers silicates.

III

Élève de Deville, Hautefeuille a concouru pour une part considérable aux découvertes relatives à la dissociation.

On lui doit des déterminations précises sur l'action catalytique exercée par la mousse de platine soit sur l'acide iodhydrique gazeux, soit sur un mélange à volumes égaux d'hydrogène et de vapeur d'iode : l'équilibre qui se produit à la même température est identique dans ces deux cas. Ces expériences m'ont été très utiles pour mes recherches sur les équilibres chimiques de l'hydrogène et de la vapeur d'iode soumis à l'influence de la chaleur seule et pris sous différentes pressions, à différentes températures et en différentes proportions. Nos déterminations se complètent mutuellement. J'ai pu démontrer que la limite obtenue sous l'influence de la chaleur seule à une température donnée, limite qui varie peu avec la pression, est la même que celle qui, d'après Hautefeuille, s'établit en présence de la mousse de platine. Seulement, pour une même température, cette limite s'établit très lentement à la pression ordinaire sous l'influence de la chaleur seule, plus rapidement à une forte pression, presque instantanément en présence de la mousse de platine. Ce rôle chimique des corps poreux provient donc dans cette réaction de leur rôle physique comme effectuant la condensation des gaz, de manière à les amener à une très forte pression.

En collaboration avec M. Troost, Hautefeuille a montré qu'il existe des composés capables de prendre naissance à une température supérieure à celle qui détermine leur décomposition complète : ozone, sesquichlorure de sili-

cium, protochlorure de silicium, sous-fluorure de silicium : ces deux derniers composés étaient inconnus jusqu'à ces recherches. Plus tard, cette propriété a été étendue à la dissociation de divers autres composés, notamment par M. Ditte. On sait le développement que M. Duhem a donné à l'interprétation mathématique de ces curieux phénomènes.

A ces travaux se relient des observations très intéressantes sur la volatilisation apparente du silicium quand on le chauffe en présence du fluorure de silicium, du chlorure de silicium, du chlorure d'aluminium.

Les expériences de MM. Troost et Hautefeuille sur la transformation du cyanogène en paracyanogène, de l'acide cyanique en acide cyanurique, sont devenues immédiatement classiques. Elles les ont conduits à reprendre, avec toutes les ressources du laboratoire de l'École Normale, mes recherches sur la transformation des états allotropiques du phosphore : en en confirmant les résultats généraux, ils ont étudié les variations que subissent, d'après eux, les propriétés du phosphore insoluble formé à des températures graduellement croissantes et ils les ont comparées aux propriétés du phosphore rouge cristallisé déjà préparé par Hittorf. Dans ces mois derniers, M. Giran, cherchant à s'affranchir de toutes les causes d'erreur de ses devanciers, vient de compléter toutes ces données par une détermination, qui semble définitive, de la chaleur de transformation du phosphore ordinaire en phosphore rouge.

MM. Troost et Hautefeuille ont établi que l'hydrogène se combine au potassium et au sodium, et ils ont étudié les propriétés de ces combinaisons.

Avec M. Margottet, Hautefeuille a déterminé, au moyen de combustions faites dans l'eudiomètre, les équilibres chimiques entre l'hydrogène, l'oxygène et le chlore : c'est une question théorique d'autant plus importante qu'elle se lie à la fabrication industrielle du chlore par le procédé

Deacon : ces recherches ont été complétées plus tard par celles de M. Le Châtelier.

Avec M. Perrey, Hautefeuille a établi l'existence de trois anhydrides phosphoriques : le premier, cristallisé, déjà signalé par Schroetter ; le second, amorphe et pulvérulent ; le troisième, amorphe et vitreux, ces deux derniers étant les polymères du premier. Les conditions de ces transformations ont été soigneusement étudiées.

Ces diverses recherches, de même que plusieurs autres, ont fourni à Hautefeuille, seul ou avec ses collaborateurs, l'occasion de déterminer les constantes physiques de différents corps, ainsi que les quantités de chaleur dégagées par leurs transformations : on sait quelle importance Deville attachait à ces déterminations thermochimiques, vulgarisées par M. Thomsen et par M. Berthelot, et combien il les recommandait à ses élèves.

On peut citer particulièrement parmi ces déterminations celles qui se rapportent aux deux états dimorphes de l'anhydride arsénieux.

On doit aussi à Hautefeuille, en collaboration avec Deville, les mesures calorimétriques qui ont fait connaître l'énergie potentielle du chlorure d'azote : quand on songe aux difficultés et aux dangers de ces expériences, on ne peut être trop reconnaissant à ceux qui ont eu le talent et le courage de les exécuter.

Ces études calorimétriques ont trouvé, entre les mains de MM. Troost et Hautefeuille, une application intéressante aux divers produits de la métallurgie du fer. Il résulte de leurs expériences que les aciers et les fontes appartiennent à la catégorie des dissolutions ou des combinaisons formées avec absorption de chaleur à partir des éléments. Au contraire, le manganèse dégage beaucoup de chaleur en s'unissant au carbone. Une différence semblable s'observe pour le fer et le manganèse dans leur action sur le silicium. De là une interprétation du rôle du manganèse dans la métallurgie du fer : il effectue la décomposition des carbures et siliciures de fer.

A ces expériences de thermochimie, il faut rattacher les observations de MM. Troost et Hautefeuille sur la transformation du peroxyde d'azote en acide azotique et sur l'introduction de ces corps dans les composés organiques. Les carbures d'hydrogène dans lesquels le peroxyde d'azote se substitue à l'hydrogène perdent une notable partie de la chaleur disponible avant la substitution. La production des éthers nitriques, de la nitroglycérine, du coton-poudre, est accompagnée d'un dégagement beaucoup moindre. Il en résulte une conclusion générale à laquelle M. Berthelot était arrivé de son côté : c'est que pour une même quantité d'azote fixée sur des groupes de composés organiques, le travail mécanique disponible est beaucoup plus grand dans la nitroglycérine et les éthers nitriques que dans la nitrobenzine et dans les produits similaires. Toutes ces expériences sont entrées pour leur part dans la théorie des explosifs, telle qu'elle est aujourd'hui constituée.

Les phénomènes de rochage ont également occupé Hautefeuille. Il a établi l'existence de ce phénomène pour les vanadates acides de potassium, de sodium et de lithium. Avec M. Perrey, il l'a étendu à l'or et à l'argent fondus en présence de la vapeur de phosphore.

On doit mentionner aussi un travail de Hautefeuille en collaboration avec M. Perrey sur l'équivalent de la glucine et les analogies chimiques de cette base d'après son remplacement partiel par divers sesquioxydes dans certains composés. Leur conclusion est que la glucine serait apte à jouer un double rôle : tantôt protoxyde, tantôt sesquioxyde suivant la nature de ses combinaisons ; elle aurait ainsi deux équivalents différents suivant les cas. Les recherches faites depuis cette époque sur la valence du glucinium ne semblent pas avoir infirmé ces conclusions.

Il n'y a pas jusqu'aux fermentations dont Hautefeuille ne se soit occupé. Les observations qu'il a publiées en collaboration avec M. Perrey sur les levures produisant les vins de la haute Bourgogne sont sa dernière publica-

tion (1894) ; il y distingue trois genres de levure, les unes qui dès l'origine conduisent la fermentation, les autres qui l'achèvent : ses remarques sur la sporulation s'accordent avec celles qu'avait faites M. Engel sur le même sujet.

IV

Dans l'œuvre chimique de Hautefeuille, ses recherches sur l'ozone, faites en commun avec M. Chappuis, méritent une place à part.

Ces savants ont montré qu'en soumettant l'oxygène à l'effluve électrique, la proportion d'ozone formé augmente considérablement à mesure que la température s'abaisse ; elle devient deux fois plus grande quand on passe de + 20° à — 23°, cinq fois plus grande quand on passe de + 20° à — 55°.

Dans ce même travail, il a été démontré que la tension de l'ozone pendant l'électrisation de l'oxygène est fonction de la pression de ce gaz, c'est-à-dire du rapprochement des molécules les unes des autres ; la tension de transformation est sensiblement proportionnelle à la pression totale ; on retrouve ainsi pour la transformation polymérique du gaz soumis à l'action de l'effluve une loi semblable à celle de la dissociation des systèmes gazeux.

La présence de divers gaz modifie la tension de l'ozone : celle du chlore, même en très petites quantités, s'oppose à la transformation.

Mais dans ces belles recherches, la découverte la plus saillante est la liquéfaction de l'ozone, obtenue en comprimant à 125 atmosphères un mélange d'oxygène et d'ozone dans l'appareil de M. Cailletet pourvu d'un dispositif spécial et refroidi au-dessous de — 100° ; l'ozone se liquéfie en un liquide bleu indigo ; sa vapeur forme un gaz bleu d'azur.

Ces recherches ont été complétées par des études

spectroscopiques qui ont conduit MM. Hautefeuille et Chappuis à une découverte remarquable, celle de l'anhydride perazotique, qui rappelle l'anhydride persulfurique de M. Berthelot. Ce composé, caractérisé par un spectre d'absorption tout particulier, se rencontre dans les produits d'électrisation d'un mélange d'azote et d'oxygène : il se décompose à toutes les températures supérieures à 0° ; à 130°, sa décomposition est complète en quelques instants, donnant un mélange de peroxyde d'azote et d'oxygène.

Tous ces travaux avaient amené Hautefeuille à manier les gaz comprimés. Il profita de son voisinage avec M. Cailletet, à l'École Normale, pour faire avec ce savant physicien plusieurs expériences intéressantes. On doit signaler surtout les déterminations des densités de l'oxygène, de l'hydrogène et de l'azote liquéfiés en présence d'un liquide sans action chimique sur ces corps simples (acide carbonique liquéfié, par exemple). On en déduit les rapports des volumes atomiques de l'oxygène, de l'hydrogène et de l'azote, ce qui conduit à des rapprochements importants pour la philosophie chimique.

V

Cet exposé succinct des découvertes dues à Hautefeuille montre que sa vie a été bien remplie et fructueuse. Il a, dans des directions variées, fourni beaucoup de données nouvelles, très importantes, à l'édifice de la science, sans cesse accru par les efforts de tant de chercheurs.

Hautefeuille laisse en même temps de grands exemples.

Il était un de ces laborieux dont le travail, tout désintéressé, est incessant : ne se laissant distraire par aucune de ces occupations mondaines qui absorbent toujours tant de temps aux habitants de Paris ; trop laborieux même, car ses travaux de chimie l'avaient de bonne heure épuisé et, dans les dix dernières années de sa vie, sa santé

était devenue chancelante. Il s'en plaignait souvent ; son cours de la Sorbonne le fatiguait beaucoup. Nous espérions qu'il exagérait ses plaintes : hélas ! il n'avait que trop raison, car il nous a été presque subitement enlevé.

D'une modestie extraordinaire pour un savant, Hautefeuille n'a jamais recherché aucune occasion de faire briller ses travaux d'un éclat factice : il n'a jamais voulu augmenter en apparence par quelques nouvelles fonctions officielles, sa haute situation de professeur à la Sorbonne et de membre de l'Académie des Sciences. Il vivait dans le tranquille quartier de Saint-Sulpice comme un bénédictin du moyen âge, donnant à Dieu et à sa famille le temps que la science n'avait pas absorbé. Ferme chrétien, il était assidu aux offices du dimanche comme l'étaient les habitants de la vieille France d'il y a deux siècles. Ses croyances religieuses étaient ignorées de beaucoup de ses contemporains, mais elles se traduisaient dans la vie habituelle par les résultats pratiques qu'elles devraient toujours amener.

Sa piété filiale était admirable. Sa mère fut de longues années atteinte de paralysie : tous les jours, il interrompait ses expériences pour aller la réconforter, à la fois comme fils et comme médecin. Ce ne fut que lorsqu'il eut perdu son père et sa mère qu'il voulut penser au mariage : il avait attendu longtemps, mais la Providence lui avait réservé une compagne digne de lui.

Il mettait dans l'accomplissement de toutes ses fonctions, comme dans ses recherches scientifiques, une scrupuleuse conscience. Son caractère était d'une extrême douceur, d'une grande aménité : il était d'une bienveillance proverbiale dans les examens. Il laissait à tous ceux avec qui il n'était pas en relations suivies le regret de ne pas le fréquenter davantage.

Ses croyances religieuses se traduisaient aussi par une admirable charité, dont de très rares personnes ont eu le secret. Ce n'est qu'après sa mort que des indiscrétions,

que l'on peut ici à moitié trahir, nous ont appris l'énormité des sommes prélevées sur son budget annuel pour les pauvres du quartier Saint-Sulpice : elles atteignaient au moins, paraît-il, le tiers de son revenu. Ce n'est pas en vain que sur la pieuse image distribuée par sa famille à ses amis se trouve cette indication si expressive dans sa brièveté : « Règle de sa vie : prière, travail, charité ».

Je serais heureux que ce court résumé d'une si belle vie pût apporter quelque consolation à la digne veuve de M. Hautefeuille, confidente de son travail et de sa charité. Puisse cette existence servir d'exemple aux générations de travailleurs qui, après nous, viendront étendre bien au delà de ce que nous avons pu faire, le domaine de la science ! Puisse-t-elle aussi, au milieu des tristesses de l'heure présente, montrer en dehors de la France, quelle réserve d'admirables familles, de savants éminents et modestes nous y avons encore.

GEORGES LEMOINE.

Liste des publications de P. Hautefeuille

Abréviations

CR = *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris.*
ACP = *Annales de Chimie et de Physique.*
BSC = *Bulletin de la Société Chimique de Paris.*
AEN = *Annales de l'École Normale supérieure.*
SM = *Société Minéralogique de Paris.*

I

PUBLICATIONS DE P. HAUTEFEUILLE SEUL

Reproduction du rutile, de la brookite, de l'anatase, du sphène. CR, 1863, t. LVII, 1864, t. LIX.

Études sur les titanates et les silicates. CR, 1864, t. LIX.

Études sur la reproduction des minéraux titanifères. ACP, 1865, t. IV de la 4e série : thèse de doctorat ès sciences de la Faculté de Paris.

Recherches sur les résines, 1865, thèse de doctorat en médecine de la Faculté de Paris.

Sur quelques réactions inverses. CR, 1866, t. LXIV.

Action de la chaleur sur l'acide iodhydrique. CR, 1866, t. LXIV.

Action de l'acide iodhydrique sur quelques chlorures et sulfures. BSC, 1867, p. 198.

Iodure de titane. BSC, 1867, p. 201.

Chaleur de combinaison des acides sulfhydrique et sélènhydrique. CR, 1869, t. LXVIII.

Sur les chlorovanadates. CR, 1873, t. XXVII.

Reproduction de l'albite ; reproduction de l'orthose. CR, 1877, t. LXXXIV et t. LXXXV. — Rapport de Daubrée sur ce travail, CR, 1877, t. LXXXV.

Reproduction de la tridymite ; reproduction du quartz. CR, 1878, t. LXXXVI.

Reproduction de l'amphigène ; sur un silicate de sesquioxyde de fer et de potasse correspondant à l'amphigène. CR, 1880, t. XC.

Sur deux nouveaux silicates d'alumine et de lithine. CR, 1880, t. XC.

Sur une propriété nouvelle des vanadates. CR, 1880, t. XC.

Sur la reproduction simultanée de l'orthose et du quartz. CR, 1880, t. XC.

Sur deux nouveaux silicotitanates de soude. CR, 1880, t. XC.

Mémoire sur la reproduction de quelques minéraux et sur une nouvelle méthode pour obtenir des combinaisons cristallisées par la voie sèche. AEN, t. IX de la 2e série.

Observations cristallographiques sur une variété de blende naturelle, sur la greenockite et la wurtzite. CR, 1881, t. XCIII.

Henri Sainte-Claire Deville, ses travaux minéralogiques (leçon d'ouverture du cours de minéralogie, le 26 mars 1885), Revue scientifique, 25 avril 1885.

II

PUBLICATION DE P. HAUTEFEUILLE EN COMMUN AVEC HENRI SAINTE-CLAIRE DEVILLE

Mesure des propriétés explosives du chlorure d'azote. CR, 1869, t. LXIX.

III

PUBLICATIONS DE P. HAUTEFEUILLE EN COMMUN AVEC M. TROOST

Production du paracyanogène ; lois de la transformation du paracyanogène en cyanogène et de la transformation inverse. CR, 1868, t. LXVI. AEN, 1868, t. II de la 2e série.

Sur quelques propriétés de l'acide cyanique : lois de la transformation de l'acide cyanique en ses isomères et de la transformation inverse. CR, 1868, t. LXVII.

Chaleur de transformation de quelques isomères. CR, 1869, t. LXIX.

Chaleur de combustion de l'acide cyanique et de ses isomères. CR, 1869, t. LXIX.

Chaleur de combinaison du bore avec le chlore et l'oxygène. CR, 1870, t. LXX et ACP, 1870, t. IX de la 4e série.

Chaleur de combinaison du silicium avec le chlore et avec l'oxygène. CR, 1870, t. LXX.

Sur les phénomènes calorifiques qui accompagnent la transformation de l'acide hypoazotique en acide azotique et l'introduction de ces deux corps dans les composés organiques. CR, 1871, t, LXXIII.

Sur la volatilisation apparente du bore et du silicium ; existence d'un maximum de la tension de dissociation. CR, 1871, t. LXXIII et ACP, 1871, t. VII de la 5e série.

Spectres du carbone, du bore, du silicium, du titane et du zirconium. CR, 1871, t. LXXIII.

Sous-chlorures et oxychlorures de silicium ; action de la chaleur sur les oxychlorures de silicium. CR, 1871, t. LXXIII et 1872, t. LXXIV ; ACP, 1871, t. VII de la 5e série et 1872, t. VII de la 6e série.

Sur quelques dérivés organiques des oxychlorures de silicium. CR, 1872, t. LXXV.

Sur quelques réactions des chlorures de bore et de silicium. CR, 1872, t. LXXV.

Recherches sur les transformations allotropiques du phosphore. CR, 1873, t. LXXVI et AEN, 1873, t. II de la 2e série.

Recherches sur l'enrichissement des fontes et de l'acier en silicium. CR, 1873, t. LXXVI.

Recherches sur la dissolution des gaz dans la fonte, l'acier et le fer. CR, 1873, t. LXXVI.

Sur le palladium hydrogéné. CR, 1874, t. LXXVIII et ACP, 1874, t. II de la 5e série.

Chaleur de combustion des diverses variétés de phos-

phore rouge. CR, 1874, t. LXXVIII et ACP, 1874, t. II de la 5e série.

Alliages que forme l'hydrogène avec les métaux alcalins. CR, 1874, t. LXXVIII et ACP, 1874, t. II de la 5e série.

Sur la densité de l'hydrogène combiné aux métaux. CR, 1874, t. LXXVIII.

Dissolution de l'hydrogène dans les métaux de la famille du fer et décomposition de l'eau à la température ordinaire par le fer. CR, 1875, t. LXXX.

Recherches sur les fontes manganésifères. CR, 1875, t. LXXX.

Études calorimétriques sur les carbures de fer et de manganèse : nouveau carbure de manganèse ; étude calorimétrique sur les silicures de fer et de manganèse. CR, 1875, t. LXXX et LXXXI.

Sur un borure de manganèse cristallisé et sur le rôle du manganèse dans la métallurgie du fer. CR, 1876, t. LXXXI et ACP, t. IX de la 5e série.

Recherches critiques sur certaines méthodes employées pour la détermination des densités de vapeur et sur les conséquences qu'on en tire. CR, 1876, t. LXXXIII.

Sur les lois de compressibilité et les coefficients de dilatation de quelques vapeurs. CR, 1876, t. LXXXIII.

Sur les causes d'erreur qu'entraîne l'application de la loi des mélanges des vapeurs dans la détermination de leur densité. CR, 1876, t. LXXXIII.

Sur les corps susceptibles de se produire à une température supérieure à celle qui détermine leur décomposition complète. CR, 1877, t. LXXXIV.

Sur un nouveau mode de préparation des oxychlorures de silicium. BSC, 1881, t. XXXV.

IV

PUBLICATIONS DE P. HAUTEFEUILLE EN COMMUN AVEC M. CAILLETET

Recherches sur les changements d'état dans le voisinage du point critique de température. CR, 1881, t. XCII.

Recherches sur la liquéfaction des mélanges gazeux. CR, 1881, t. XCII.

Sur les densités de l'oxygène, de l'hydrogène et de l'azote liquéfiés en présence d'un liquide sans action chimique sur les corps simples. CR, 1881, t. XCII.

V

PUBLICATIONS DE P. HAUTEFEUILLE EN COMMUN AVEC M. CHAPPUIS

Recherches sur l'ozone ; recherches sur l'effluve électrique ; liquéfaction de l'ozone et sa couleur à l'état gazeux ; transformation de l'oxygène en ozone par l'effluve électrique en présence d'un gaz étranger ; liquéfaction de l'ozone en présence de l'acide carbonique et sa couleur à l'état liquide. CR, 1880, t. XCI.

De la recherche des composés gazeux et de l'étude de quelques-unes de leurs propriétés à l'aide du spectroscope ; acide perazotique. CR, 1881, t. XCII.

Quelques faits pour servir à l'histoire de la nitrification. CR, 1881, t. XCII.

Rétrogradation produite par l'effluve électrique dans la transformation de l'oxygène en ozone. CR, 1882, t. XCIV.

Acide perazotique ; sa composition et son équivalent en volume. CR, 1882, t. XCIV.

Liquéfaction de l'ozone. CR, 1882, t. XCIV.

Action des effluves électriques sur l'oxygène et l'azote en présence du chlore. CR, 1884, t. XCVIII.

Recherches sur l'ozone : mémoire dans AEN, 1884, t. I de la 3e série.

Recherches sur l'acide perazotique ; mémoire dans AEN, 1884, t. I de la 3e série.

VI

PUBLICATIONS DE P. HAUTEFEUILLE EN COMMUN AVEC M. MARGOTTET

Sur la silice et les silicates de lithine. CR, 1881, t. XCIII.

Recherches sur les phosphates cristallisés ; recherches sur quelques phosphates doubles. CR, 1883, t. XCVI.

Sur une combinaison d'acide phosphorique et de silice ; CR, 1883, t. XCVI.

Sur les combinaisons de l'acide phosphorique avec l'acide titanique, le zircon et l'acide stannique, CR, 1886, t. CII.

Phosphate de silice hydraté. CR, 1887, t. CIV.

Phosphates de sesquioxyde de fer et d'alumine. CR, 1888, t. CVI.

Synthèse simultanée de l'eau et de l'acide chlorhydrique. CR, 1889, t. CIX.

VII

PUBLICATIONS DE P. HAUTEFEUILLE EN COMMUN AVEC M. PERREY

Rochage de l'or et de l'argent dans la vapeur de phosphore. CR, 1884, t. XCVIII.

Sur l'acide phosphorique anhydre. CR, 1884, t. XCIX.

Sur les oxychlorures d'aluminium. CR, 1885, t. C.

Sur la volatilisation apparente du silicium à 440°. CR, 1885, t. C.

Sur l'action minéralisatrice des sulfures alcalins ; reproduction de la cymophane. CR, 1888, t. CVI.

Sur la reproduction de la phénacite et de l'émeraude ; sur les combinaisons silicatées de la glucine ; sur la reproduction du zircon. CR, 1888, t. CVI et t. CVII.

Préparation et propriétés de l'orthose ferrique. CR, 1888, t. CVII.

Sur les silicoglucinates de soude. CR, 1890, t. CX.

Sur les combinaisons silicatées de la glucine. ACP, t. XX de la 6e série.

Sur la cristallisation de l'aluminium et de la glucine dans les silicates. SM, 1890, t. XIII.

Sur diverses combinaisons silicatées des oxydes de cobalt et de zinc, de la magnésie et de la glucine. SM, 1890, t. XIII.

Sur la cristallisation de l'alumine et de quelques autres oxydes dans l'acide chlorhydrique. CR, 1890, t. CX.

Contribution à l'étude des levures. CR, 1894, t. CXVIII.

VIII

PUBLICATION DE P. HAUTEFEUILLE EN COMMUN AVEC M. L. PÉAN DE SAINT-GILLES

Sur la reproduction des micas. CR, 1887, t. CIV.

UGANDA ET EST-AFRICAIN

I

L'Afrique prend chaque jour une importance plus considérable dans les aspirations et les préoccupations des nations, et tout permet de prévoir le grand rôle qu'elle jouera dans l'avenir de l'humanité. Les diverses puissances de l'Europe y possèdent des colonies, dont quelques-unes, les colonies anglaises surtout, admirablement administrées, ajoutent singulièrement à la force et au prestige de la mère-patrie.

Le total des possessions européennes en Afrique s'élève approximativement à 11 499 938 miles (anglais) carrés ainsi répartis : France 3 804 974, Angleterre 2 713 910, Allemagne 933 380, Italie 188 500, Portugal 790 124, Espagne 169 150, Turquie 398 900, Égypte 1 010 000, divers petits États enfin, dont le Congo belge est le plus important, 1 149 938 (1).

En ajoutant l'Égypte aux possessions anglaises, on arrive pour l'Angleterre à 3 723 910 miles carrés. Nous sommes donc en bonne position vis-à-vis d'elle par l'étendue de notre territoire ; mais hélas ! aucune comparaison n'est possible entre nos possessions africaines et celles des Anglais. Plus de la moitié de nos colonies s'étendent

(1) On peut voir dans l'*Afrique Nouvelle* par E. Descamps, tout ce qui est relatif au Congo belge et au grand rôle joué par le roi Léopold pour sa création et son développement. Il excite aujourd'hui un tel intérêt en Belgique, que dans sa *bibliographie du Congo*, M. A. J. Wauters a pu relever et classer plus de 4000 titres originaux qui lui étaient consacrés.

sur des déserts incultes que le manque d'eau rend inhabitables, le Sahara par exemple, où la population n'atteint pas une tête par mile carré. La Nigeria, je prends au hasard cette colonie anglaise encore à peine organisée, en compte 70 ! Nos progrès sont lents, ceux de nos voisins sont rapides. On l'a vu dans l'Afrique du Sud (1). Nous le verrons dans l'Uganda quoique dans une moindre mesure, l'Uganda ni l'Est-Africain n'ayant ni mines de diamant, ni mines d'or pour payer leur développement.

Les Anglais possèdent en Afrique le Basutoland, le Bechuanaland, le British Central Africa, l'Est-Africain, la Colonie du Cap, la Côte d'Or, la Gambie, le Lagos, le Natal, la Nigeria, l'État d'Orange, la Rhodesia, Sierra-Leone, le Somaliland, le Transvaal, l'Uganda, le Protectorat de Zanzibar.

Parmi toutes ces colonies, destinées probablement à un brillant avenir, il faut citer en première ligne l'Uganda et l'Est-Africain. Sir Henry Johnston (2), longtemps leur gouverneur, a su amener des populations bien diverses, toujours en guerre les unes contre les autres, ruinées par les déprédations des Arabes et des marchands d'esclaves, à un État tranquille, progressif et relativement prospère.

Les pays qui forment les colonies de l'Uganda et de l'Est-Africain furent soumis à l'influence britannique dès 1890, mais ce fut seulement en 1894 que le protectorat fut officiellement déclaré sur le royaume d'Uganda et sur quelques territoires adjacents formant une superficie totale de 180 000 miles carrés (3) limités au nord par le

(1) *Du Cap au Caire*, CORRESPONDANT, 10 avril 1903 ; et *Le Transafricain*, REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, juillet 1903.

(2) Sir H. Johnston, *British Central Africa. An attempt to give some account of a portion of the Territories under British influence North of the Zambesi.* Second edit., London, 1898. — *Report of His Majesty's Commissioner on the East-Africa Protectorate, presented to both Houses of Parliament*, june 1903. — Woodward, *Precis of Information concerning the Uganda Protectorate.* London, 1902.

(3) Stanley, *Through the dark continent.* London, 1878.

5° lat. N., à l'est par la ligne médiane du lac Rodolphe, au sud par les possessions allemandes (1) (1° lat. S.), à l'ouest par le Congo belge.

Dans ces limites sont compris, en tout ou en partie, les lacs Victoria-Nyanza dont la superficie mesure approximativement 27 000 miles carrés, Albert-Édouard, Albert, Rodolphe, et le cours du Nil depuis sa sortie du Victoria-Nyanza jusqu'au Soudan.

L'Uganda, dit Sir H. Johnston dans un rapport présenté par le Gouvernement au Parlement, est la perle de l'Afrique équatoriale. Dans la partie est du Protectorat, s'étend une région de 12 000 miles carrés de superficie, admirablement arrosée, au sol fertile, au climat salubre, couverte de magnifiques forêts, habitée par de rares indigènes. C'est là que se trouve la forêt de Semliki qui suit la côte ouest de l'Afrique depuis la Guinée jusqu'à l'embouchure du Congo et se continue à l'est par de larges projections.

C'est le 30 juillet 1858, que le capitaine Speke, le premier pionnier de la région, découvrait la merveilleuse nappe d'eau, à laquelle, en loyal sujet, il donna le nom de Victoria (2). Il y retourna en 1862 et resta près de six mois à la cour de Mtesa, le sultan de l'Uganda (3). Malgré les années écoulées et les changements survenus, son livre est encore plein d'intérêt. Mais la locomotive est une grande niveleuse et l'ouverture du chemin de fer de Mombasa au lac Victoria amènera des changements plus considérables encore. Déjà les Kavirondo, si fiers de leur

(1) Au moment où j'écris ces lignes, une commission anglaise et une commission allemande sont occupées à délimiter cette frontière sur une étendue de 140 miles. *Agence Reuter*, mai 1903.

(2) Les côtes anglaises du lac Victoria viennent d'être relevées par M. Whitehouse qui se montre étonné du nombre d'îles qui peuplent ces eaux et de la population considérable qu'elles abritent.

(3) *Les Sources du Nil*, trad. franç. Paris, 1864. — On peut aussi consulter Stanley, *Through the dark continent*; Wilson, *In Uganda and in Soudan*. L'un et l'autre donnent une liste des rois d'Uganda prédécesseurs de Mtesa. Ces listes sont apocryphes. Nous n'avons pas à les reproduire.

nudité, portent des pantalons et des gilets de flanelle que leur vendent les trafiquants allemands et les Baganda habitent dans des constructions en fer galvanisé (1).

Ici commence la carrière africaine de Sir H. Johnston. Il était alors consul au Vieux Calabar (3), et avait pour mission de conclure des traités avec les chefs du pays et de faciliter la marche en avant des Anglais. Johnston choisit pour ses débuts, la région arrosée par un des affluents du Cross River, dont les habitants étaient connus comme anthropophages et qui n'avait encore été visitée que deux fois par des blancs.

Rien dans ces temps, déjà loin de nous, n'était monté avec le luxe actuel. Le consul n'avait à sa disposition ni un bâtiment à vapeur, ni même un bâtiment à rames et il dut se contenter d'un *dug-out* d'une longueur exagérée, prêté par un chef voisin, et se lancer avec quelques pagayeurs recrutés au Calabar dans son aventureuse expédition, sans guide, sans interprète et ne connaissant pas un mot de la langue des tribus qu'il allait rencontrer.

Aux premiers rapides du Cross River, Johnston était dans le pays des cannibales. On apercevait à peine une légère fumée bleue s'élever au-dessus des magnifiques arbres qui bordaient les deux rives, que dejà ses pagayeurs, devenus vert-bleu de terreur, se mirent à ramer de plus en plus lentement, dans l'espoir sans doute de retarder le moment où ils seraient mangés. L'approche si lente d'une embarcation telle qu'ils n'en avaient jamais vue, avec un drapeau flottant à l'arrière et un blanc assis au milieu, donna aux nègres le temps de se remettre de leur première surprise. Johnston arrivait en face d'un populeux village. Les habitants lui intimèrent l'ordre de

(1) La population de l Uganda est d'environ 4 millions d'âmes (STATEMAN'S YEAR BOOK, 1905, p. 209). Felkin la porte même à 5 millions. Tel est aussi l'avis du Rev. J. Roscoe (*Further notes on the manners and customs of the Baganda*. JOURN. ANTH. INST., t. XXXII, 1902, p. 25). Cette population parait de la même origine que les Abyssiniens, les Gallas et les Somalis. Elle aurait envahi l'Uganda, il y a deux ou trois siècles (Woodward, *l. c.*, p. 4).

se retirer avec des gestes si menaçants qu'il se décida à continuer sa route sans parlementer plus longtemps; mais il allait tomber de Charybde en Scylla : tournant une pointe qui avançait dans la rivière et cachait son cours, le voici en face d'un village plus populeux peut-être que celui qu'il venait d'éviter sur la rive opposée. En moins de temps qu'il n'en faut pour l'écrire, des légions de nègres étaient à l'eau, le bateau arrêté, Johnston saisi, porté à terre au pas de course et enfermé dans une des huttes du village. L'intérieur complètement obscur était plus propre qu'on aurait pu le croire. Le sol en terre battue était dur comme du ciment ; tout autour des banquettes, aussi en terre battue, recouvertes de paillassons ou de peaux servaient de sièges et de lits. Dans un coin pendait un objet qui attira l'attention du prisonnier. En s'approchant, il reconnut une cuisse et une jambe humaines bouillies et déjà à demi dévorées. Je laisse à penser les lugubres réflexions que cette vue lui inspira. Heureusement elles se dissipèrent bientôt. La porte s'ouvrit et un homme entra avec toutes les marques du plus profond respect. Johnston était libre, ses rameurs avaient repris leur couleur naturelle et l'attendaient tout joyeux ; le chef arrivait à son tour avec un mouton et des charges de fruits et de légumes qu'il offrit à l'étranger.

Ce coup de théâtre était dû à l'intelligence de l'homme qui avait arrêté le voyageur. Il avait persuadé aux nègres que Johnston était le fils de la Reine dont le nom et la puissance étaient venus jusqu'à eux. Si on le maltraitait, ajoutait-il, la vengeance royale serait terrible et leur village certainement détruit. Telle était la raison du changement si rapide survenu chez eux, lui expliquait son conducteur en *pigeon english* (1), en le reconduisant à son embarcation, d'où absolument rien n'avait été enlevé. Il l'avertis-

(1) Tel était le nom donné à une espèce de charabias qui a longtemps servi de moyen de communication entre les nègres et les Anglais et qui peut-être leur sert encore.

sait toutefois de ne pas continuer sa course périlleuse, car sa vie serait sûrement sacrifiée. Il avait raison, car déjà le tambour de guerre se faisait entendre de toutes parts, on armait les canots, et aux cris furieux succédaient des volées de flèches et d'assegais, une balle atteignait même le dug-out ; le danger devenait pressant et Johnston dut se résoudre à la retraite. Une poursuite furieuse commença. Les nègres de leurs canots hurlaient qu'ils avaient faim, qu'ils voulaient la viande de leurs ennemis ; sur l'autre rive, les mêmes cris répondaient avec plus de fureur peut-être encore. Malgré les efforts désespérés des pagayeurs qui luttaient pour leur vie, les anthropophages gagnaient du terrain et Johnston se décida à distribuer les fusils qu'il tenait en réserve et à commander le feu, en déchargeant le premier sa carabine sur les assaillants les plus rapprochés. Deux ou trois volées se succédèrent, les noirs ne sont guère plus vaillants dans l'Uganda que ceux de l'Afrique du Sud dont nous avons parlé ; ils s'enfuirent de toutes parts ; un silence profond remplaça leurs vociférations. C'était le salut.

Telles furent les premières relations de Johnston avec les habitants de l'Uganda. Il faut maintenant montrer ce qu'était le pays et les progrès obtenus par le commissaire royal durant le temps de son gouvernement.

II

La plus ancienne race d'hommes connue comme ayant habité l'Afrique du Centre, tient des Hottentots et des Boschismen actuels. On a trouvé récemment au sud du lac Tanganyika de gros bâtons pointus, portant au milieu des pierres arrondies qui leur donnent plus de poids. Ils servent à bêcher la terre (1). Ils sont semblables à ceux

(1) Johnston a donné plusieurs de ces bâtons au British Museum.

dont les Boschismen se servaient, il y a peu d'années encore. Il est probable, ajoute Johnston, que cette race dérivait primitivement d'un type pithécoïde. Il est profondément triste de voir un homme de la valeur de Sir F. Johnston accepter aussi légèrement de pareilles origines, sans discuter leur valeur et sans nous donner quelques preuves sérieuses à leur appui (1).

On trouve aussi les Boschismen dans le sud-ouest de l'Afrique, et Serpa-Pinto les a localisés jusqu'au 14° de lat. S. où ils ont été refoulés par l'invasion des grands nègres. Cette invasion est d'origine comparativement récente et les recherches basées sur le système religieux, la langue, les traditions et les descriptions des pionniers portugais montrent que ces nègres étaient probablement plus civilisés que ceux qui vivent aujourd'hui (2).

En 1493, Vasco de Gama visita les côtes africaines et après avoir doublé le Cap de Bonne-Espérance, il s'arrêtait aux établissements arabes de Sofala (3). Cinq siècles au moins avant l'arrivée des Portugais, les Arabes s'étaient établis en Afrique. Ils avaient même pénétré assez loin dans l'intérieur ; nous relevons leurs traces à Zimbabwe dans l'ancien Mashonaland, aujourd'hui la Rhodesia du Sud, et c'est à eux probablement que sont dues les exploitations des mines d'or que M. Bent a retrouvées (4). Bien reçus d'abord par les Arabes, les Portugais ne tardèrent guère à se brouiller avec eux. Les établissements arabes

(1) Johnston cite la vieille histoire du *Pithecanthropus erectus* trouvé par le Dr Dubois à Java, si complètement réfutée par le prof. Houzé de l'Université de Bruxelles. Il aurait pu ajouter la singulière hypothèse de Darwin de l'anthropoïde se transformant en homme par le seul effort de sa volonté.

(2) Il a été recueilli sur les rives du lac Nyassa, à une grande profondeur, des tessons de poterie ; des arbres bien vieux avaient poussé sur les décombres et affirmaient leur antiquité. Un vase important provenant de ce même lac Nyassa a été donné par Johnston au British Museum. Les nègres actuels seraient incapables de fabriquer de semblables poteries (Johnston, *l. c.*, p. 55).

(3) Non loin de la ville actuelle de Beïra.

(4) C'est là, rapporte la tradition, que la reine de Saba trouvait l'or qu'elle portait au roi Salomon. CORRESPONDANT, 1894.

disparurent peu à peu, nous ignorons à la suite de quelles catastrophes, et les Portugais exercèrent dans cette partie de l'Afrique une domination incontestée durant un temps assez long. Les Jésuites étaient leurs plus puissants auxiliaires. Ils bravaient tous les dangers avec un indomptable courage, le martyre, le climat meurtrier, la mouche tsetsé, et c'est à eux que le Portugal dut ses plus sérieux succès. Mais vers le milieu du XVIIIe siècle, le Marquis de Pombal les expulsa non seulement du Portugal, mais aussi de toutes ses colonies. La punition d'une aussi injuste persécution ne se fit pas attendre et l'influence du Portugal en Afrique disparut avec les Jésuites.

Vers le même temps, achevait de s'éteindre dans l'Afrique centrale l'empire du Monomotapa (1), empire mal connu, mal délimité surtout, dont il est souvent question dans les anciennes relations portugaises (2) et qui paraît avoir connu une civilisation un peu plus avancée que les populations noires qui l'entouraient.

Tous les obstacles semblaient disparaître devant les Anglais, et tout annonçait l'inévitable triomphe que les traités de 1815 devaient consacrer.

En 1793, les Anglais s'étaient emparés de la ville du Cap sur les Hollandais qui subissaient la peine de leur alliance avec le gouvernement français. Ils l'avaient rendue à la République Batave lors de la paix éphémère d'Amiens. Mais leur occupation leur avait permis de reconnaître les avantages de cette magnifique position et, peu après la reprise des hostilités, le drapeau anglais flottait de nouveau sur les murs du Cap.

Un savant, don Jose Lacerda e Almeida, écrivait à ce moment que si les Portugais ne trouvaient pas moyen

(1) Il était occupé par les Bantus que Johnston croit de la même race que les Zulus.

(2) Bocarro, *Colleçao Documentos ineditos para a Hist. das conquistas dos Portuguezes en Africa*. Lisboa, 1876. Le territoire du Monomotopa est aujourd'hui partagé entre les colonies portugaises du Mozambique et la Rhodesia Britannique.

d'y mettre un sérieux obstacle dès le début de cette occupation, les Anglais organiseraient en Afrique un immense empire devant lequel les autres nations seraient forcées de s'incliner. Avec les faibles connaissances géographiques de cette époque, ce pronostic, dont le xxe siècle est destiné à voir l'accomplissement, est remarquable.

J'aurais déjà dû dire qu'une des plaies de ces régions était le commerce des esclaves que les caravanes venaient acheter, quand elles ne les enlevaient pas par la force à leurs familles. On désignait ces hommes sous le nom d'Arabes, mais ils comprenaient des aventuriers d'origine bien diverse depuis les blonds Aryens en passant par toutes les nuances du nègre. Ces hommes avaient cependant des liens communs, le costume, le langage et un autre lien, le plus puissant de tous, l'islamisme, dont ils suivaient avec rigueur les préceptes.

Rien n'égalait leur cruauté ; nous en donnerons un seul exemple (1). Les Wakanda avaient prétendu s'opposer aux déprédations des Arabes. Ils ne possédaient pour toute arme que la lance ; que pouvaient-ils contre les fusils de leurs ennemis ? Ils furent rapidement vaincus et contraints à se réfugier dans une crique du lac Nyassa. Les Arabes les poursuivirent et mirent le feu aux roseaux et aux herbes sèches où les nègres étaient cachés. Les flammes forçaient les Wakanda soit à se jeter dans le lac, où les crocodiles les guettaient, soit à s'exposer à découvert aux balles de leurs adversaires. Un bien petit nombre d'entre eux parvinrent à échapper à la mort et à se réfugier à la station anglaise de Karonga. Les Arabes osèrent les réclamer. Sur le refus indigné de Fotheringam (2), les Musulmans se préparèrent à assiéger la station. Mais ils avaient trop tardé : quelques Anglais, voyageurs, commerçants, fonctionnaires étaient accourus au secours de

(1) Felkin, *Notes on the Wakanda Tribes*. Edinburgh, 1886.
(2) *Adventures in Nyassa Land*, cité par Johnston, p. 73.

leurs compatriotes et les noirs, comprenant assez tardivement leur intérêt, arrivaient de tous les côtés. Une lutte acharnée s'engagea et dura plusieurs jours. Finalement les Arabes furent repoussés jusqu'à leurs enclos. Mais on ne put retenir les nègres qui voulaient avant tout mettre en sûreté le butin qu'ils venaient de faire ; d'ailleurs, plusieurs Anglais avaient été sérieusement blessés : il fallut donc laisser la victoire incomplète et ne rien tenter contre les autres stations arabes.

III

La guerre, les invasions, le pillage, les massacres renaissaient chaque jour dans l'Afrique équatoriale. L'Uganda, grâce à sa richesse exceptionnelle, grâce peut-être aussi à une population plus paisible, à un gouvernement mieux obéi, échappait en partie à ces affreuses destructions.

La fertilité du pays est remarquable (1). Il y pleut souvent même en dehors des saisons pluvieuses; la chaleur et l'eau contribuent également à la riche végétation, les forêts forment des dômes impénétrables et offrent des refuges contre les rayons du soleil. Partout des palmiers avec leurs beaux fruits jaunes, des figuiers, des albizias (2), des arbres imposants par leur hauteur, enveloppés d'une draperie de lianes et de plantes grimpantes (3), des papyrus gigantesques, des roseaux couronnés de larges fleurs blanches, des aloès surgissant à chaque pas entre les boulders. Des milliers de fleurs sauvages aux couleurs brillantes, aux parfums pénétrants qui se font sentir au

(1) Woodward, *l. c.*, p. 5 ; voyez aussi le chap. XI du même auteur.

(2) Variété se rapprochant de nos acacias.

(3) Livingstone, déjà de son temps, déplorait la destruction des arbres, dont les nègres ne se faisaient faute, et la diminution des pluies qui en était la conséquence.

loin, viennent égayer la marche fatigante de l'explorateur au milieu des arêtes tranchantes des granits roses, tandis qu'une élégante antilope noire, aux cornes recourbées, bondit devant lui et, comme une rapide apparition, disparaît aussitôt.

De loin en loin, un village de huttes semées comme au hasard ; quelques poteaux, des roseaux, des papyrus et de l'herbe suffisent à leur construction. Elles ne sont cependant pas sans élégance et garantissent parfaitement l'habitant contre le soleil et la pluie. Le bon entretien de ces huttes, celui des jardins qui les entourent indiquent chez le nègre de ces régions des habitudes d'ordre et de propreté qu'on était loin de lui supposer.

Auprès de chaque habitation, se dressent des forêts de bananiers dont les fruits sont la principale nourriture des habitants (1). Les patates douces, le maïs, le manioc, la tomate, l'ananas, une grande variété de pois et de haricots viennent au besoin y suppléer (2). Le tabac, le sorgho, reconnaissable à sa grande tige rouge (3), poussent presque sans culture et donnent d'abondantes récoltes. Le nègre peut dormir sans souci la journée entière. Sa subsistance, celle des siens sont assurées par la nature.

La faune de l'Uganda est nombreuse et variée. L'éléphant en est le représentant le plus important. Il est destiné à disparaître promptement. Une défense pèse de 60 à 70 kilogrammes ; portée à Zanzibar, elle se vend facilement deux mille francs. C'est pour le chasseur un irrésistible appât. La force de l'éléphant est considérable ; Sir S. Baker et Selous l'ont vu déracinant avec ses

(1) Les nègres mangent les bananes vertes, cuites dans d'immenses chaudières où elles prennent la consistance de la purée de pommes de terre *(mere)* grillées sous la cendre du foyer *(grond'ja)*. Une autre espèce, la *bidde*, sert à fabriquer la *mouengue*, véritable vin de banane.

(2) Parmi ces plantes, il en est un certain nombre de provenance américaine ; elles ont été introduites par les Portugais et, de la côte, elles ont gagné l'intérieur du pays.

(3) On cultive en Afrique neuf variétés de sorgho.

défenses les plus gros acacias, pour se nourrir plus facilement de leurs feuilles. Le rhinocéros, à une ou deux cornes, est plus rare, il excite moins de convoitises ; le coup de fusil a moins de valeur.

Le zèbre africain (1) est un splendide animal ; il mérite de former une variété à part. Johnston a cherché à créer des parcs à réserve où nul ne pourrait poursuivre le gros gibier sous peine d'une forte amende, ainsi qu'il en existe à Yellowstone Park, aux États-Unis et dans l'Afrique du Sud. Il espère domestiquer les jeunes zèbres. L'entreprise sera difficile, car le zèbre est un animal intraitable. L'hippopotame était autrefois si nombreux qu'il constituait un grave danger sur les lacs où il avait établi de préférence son domicile. Il se plaît à poursuivre les barques et à noyer les hommes qui les montent. Les fusils ont singulièrement réduit leur nombre. C'est d'ailleurs un animal paresseux, il pourrait facilement gagner par les fleuves l'Océan Indien ou traverser à la nage les plus grands lacs ; mais il préfère beaucoup marcher sur les fonds marécageux des côtes plongeant et revenant sans cesse à la surface pour respirer. Les buffles (2) comme les hippopotames étaient très nombreux dans l'Afrique centrale ; mais ils se retirent à mesure que les Européens avancent. C'est un animal très redoutable (3) ; s'il est blessé ou si on l'inquiète, en s'approchant de ses petits, il charge l'imprudent avec une rapidité extrême et malheur à celui qu'il atteint ; en un instant il est broyé.

Les carnassiers sont représentés par les lions et les léopards ; ils vivent surtout dans la forêt de Semliki, où ils trouvent une nourriture abondante et variée dans les cervidés de toute espèce : élans, antilopes, gazelles et bien d'autres encore qui la hantent.

(1) *Eq. tigrinus*, Johnston, *App.*, p. 326.
(2) *Bos caffer*.

Les singes ne sont pas très nombreux ; presque tous appartiennent aux cercopithèques ou aux lémuriens (1). Les anthropoïdes, que l'on rencontre fréquemment dans l'ouest de l'Afrique, se trouvent plus rarement dans l'est.

Dans tous les villages, les animaux domestiques se voient nombreux autour des habitations. La chèvre est de grande taille et occupe un rang distingué parmi eux. Elle s'engraisse facilement et Speke déclare sa viande excellente. Les habitants élèvent aussi de nombreux bœufs du type *zébu* qui se rencontre dans l'Inde et se distingue par une bosse de graisse plus ou moins développée au-dessus des épaules. Leur garde est confiée à une caste généralement méprisée, les Wahounas. Ils possèdent aussi le mouton, le porc, le chien, le chat, la poule *(nkoko)*, très nombreuse, et le pigeon (2).

La faune aviatique est des plus riches comme nombre d'espèces et comme nombre d'individus ; mais il existe beaucoup de lacunes parmi les espèces qui vivent au sud du Zambèse et à l'ouest de l'Afrique, les autruches, et plusieurs variétés de vautour par exemple. Si Froude, dont on connaît la célèbre boutade, était venu dans l'Uganda, il aurait vu que nombre d'oiseaux ne sont pas sans voix et qu'en captivité ils se familiarisent rapidement avec les nègres comme avec les blancs et charment les uns et les autres par leurs mélodies.

Disons un mot des reptiles nombreux et dangereux qui

(1) Le grand galago *(Papio Babuin)* et le petit moholi. Le premier surtout est un très gracieux animal de la taille d'un chat. Sa fourrure est d'un gris blanchâtre. On peut citer aussi le babouin gris *(Papio pruinosus)* découvert récemment sur la côte sud du lac Nyassa.

(2) Tous les animaux domestiques ont été introduits dans l'Uganda ; ils proviennent soit de l'Asie, soit de l'Europe. Les bêtes à cornes, les chèvres sont les unes et les autres venues d'Égypte dans des temps très reculés. Le chien a été amené de l'Arabie, ou des Indes plus anciennement encore. Le porc et le chat doivent leur importation aux Portugais. Quelques doutes subsistent pour l'âne : il peut descendre d'ânes domestiqués par les Sémites et amenés par eux. Une seule chose paraît certaine : jamais, les nègres des régions tropicales n'ont cherché à domestiquer des animaux.

se rencontrent en Afrique. Les crocodiles sont les plus remarquables parmi eux. On n'en connaît qu'une seule espèce, le *crocodilus niloticus*. Ils hantent en nombre considérable la rivière Shiré, où leurs victimes atteignent chaque année un chiffre élevé. Ils sont prudents, dit Johnston, et n'attaquent guère que les nègres isolés. Quand plusieurs noirs se baignent ensemble, ils ne se hasardent guère à les approcher. Leurs mâchoires sont d'une force extraordinaire. Un jour, on descendait à Chikwawa sur le Shiré, un seau en fer pour puiser de l'eau ; un crocodile le saisit au passage et l'aplatit, comme il eût fait d'une feuille de carton.

Les serpents ne sont guère moins nombreux que les crocodiles. On connaît deux espèces de cobras, la vipère du Cap, la vipère à cornes, d'autres encore. Bien que la morsure de la plupart d'entre eux soit presque toujours mortelle, les hommes en éprouvent rarement les effets et les cobras ne s'attaquent guère qu'aux volailles ou aux canards. Johnston raconte qu'en 1891-1892, il faisait déblayer l'emplacement où s'élève la ville actuelle de Chiromo ; les serpents troublés dans leur sommeil, sortaient de tous les côtés. « Pas un de nos ingénieurs ni de nos ouvriers ne fut piqué, ajoute Johnston, et cela, bien qu'aucun d'eux ne voulût s'astreindre aux précautions les plus simples (1). »

Les pythons sont plus dangereux. Si par inadvertance on les approche de trop près, on court grand risque d'être saisi et enserré dans leurs replis. Johnston se trouva un jour en face de l'un d'eux si menaçant qu'il n'eût que le temps de courir au camp pour échapper à son redoutable ennemi.

D'après Felkin (2), la population de l'Uganda dépasserait cinq millions d'âmes ; les femmes seraient beaucoup

(1) Johnston, *l. c.*, pp. 355 et suiv.
(2) *Uganda*. London, 1882.

plus nombreuses que les hommes, sept femmes pour deux hommes, dit-il. Je ne sais si ce fait, que confirme M. Hobley (1) pour les provinces de l'est dont il était administrateur, est exact ; il pourrait trouver son explication dans les fréquentes et barbares razzias dans les pays voisins qui aujourd'hui sont compris dans le Protectorat britannique ; les femmes, les jeunes filles étaient enlevées, les hommes massacrés. Depuis la domination anglaise, ces razzias ont cessé, mais leur triste effet subsisterait encore.

Felkin dit aussi que le roi de l'Uganda pouvait, avant l'annexion, mettre six cent mille hommes sous les armes, chiffre évidemment très exagéré. Ces soldats étaient armés de deux lances de grande longueur, elles tendent de plus en plus à être remplacées par des fusils.

Ce sont de beaux hommes, vigoureux et bien découplés (2). Leur taille moyenne dépasse $1^{m},85$. Ils sont d'excellents soldats et leur puissance d'endurance et de rapidité à la course est remarquable. Comme porteurs, on en cite qui, avec de lourds fardeaux, font 80 à 90 miles en 24 heures. Lugard les dit vaillants et, sous le règne de Mtesa, ils possédaient une véritable organisation. Ils allaient à peu près nus et ce n'est pas sans répugnance qu'ils ont adopté des vêtements, le *louboungo* ou *lubugo* grosse étoffe tirée d'un ficus (3), qu'ils roulent autour de leur corps et qu'ils remplacent par des peaux de léopards ou d'autres animaux quand ils peuvent se les procurer. Les chefs sont plus sobres de bijoux ou de fétiches que leurs sujets ; ils se contentent des colliers, indices de leur rang, qu'ils ne doivent jamais quitter. Les porteurs de sa caravane que Speke eut le loisir d'examiner, étaient vêtus d'une chemise *(mbougou)* tirée comme le louboungo de

(1) *Eastern Uganda*. London, 1902.

(2) Stanley, *Through the dark Continent*. London, 1878.

(3) Ce figuier est d'une espèce particulière ; il ne croît que dans le pays des Vouirous renommé pour sa fertilité (Speke, *l. c.*, p. 218).

l'écorce du figuier. L'écorce est enlevée au moyen d'incisions circulaires ; pour l'assouplir, on la soumet à une immersion prolongée, puis à de fréquents battages avec des marteaux à rainure qui l'amènent à une sorte d'étoffe à côtes très souple et très solide.

Les chefs, surtout quand ils sont envoyés en mission, portent des vêtements plus brillants. Un d'eux, N'yamgundou, frère de la reine-mère dont nous aurons souvent à parler, était envoyé par le roi Mtesa auprès de Souvarora, autre chef du pays très inférieur comme rang et comme puissance à Mtesa, pour demander la main de sa fille qui avait une grande réputation de beauté. Il vint rendre visite à Speke, sa robe était faite de peaux de très jeunes antilopes, cousues avec une habileté qu'envieraient nos plus célèbres fourreurs. Ses manières étaient douces et polies. Le chef suprême de l'ambassade se présenta le lendemain, vêtu d'étoffes très voyantes et coiffé d'un large turban tissé en tiges d'abrus (1). L'un et l'autre s'installèrent sur les sièges que leur offrit notre Anglais, comme s'ils y avaient été habitués dès leur enfance.

Tels étaient les costumes et les usages que Speke allait trouver dans le pays où il se préparait à entrer. Les Vouakando, les nobles du pays, sont très soignés dans leur mise : sur le premier manteau d'écorce dont l'étoffe rappelle nos plus fins croisés de laine, ils portent un second manteau de fourrure et, s'ils sont de sang royal (2), une ceinture de peau de chatpard, insigne de leur rang. Le turban, leur coiffure habituelle, est chargé de défenses de sangliers, de verroteries, de coquilles, de mille objets pouvant attirer les regards.

Le costume des femmes, à cette époque, ne différait guère de celui des hommes. Il consistait en un manteau

(1) Plante médicinale du genre glycine.

(2) Les nobles de sang royal sont peu nombreux car tout souverain, à son avènement, se hâte de faire disparaître ceux qui pourraient lui créer un danger.

d'écorce roulé autour du corps et en un tablier très exigu *(mgwa)* suspendu par un cordon autour des reins. Dans les enclos nombreux qui forment l'enceinte du palais, les manteaux étaient abandonnés et, si on paraissait devant le roi, le *mgwa* devait être immédiatement retiré. Agir autrement était un crime de lèse-étiquette, puni de mort.

IV

Il est facile de décrire les habitants actuels d'un pays, les conditions climatériques de la zone qu'ils habitent, les animaux qui vivent autour d'eux, la lutte pour la vie qu'ils ont à soutenir tant contre ces animaux que contre leurs semblables. Il est bien autrement difficile de distinguer les races entre elles, de dire les causes et l'époque de leurs migrations, de les rattacher à un ou plusieurs troncs communs, surtout quand on n'a pour se guider ni histoire écrite ni tradition, et qu'il ne subsiste que les souvenirs souvent vagues et confus d'un petit nombre de générations.

Pour les provinces de l'est, nous avons les renseignements recueillis par un fonctionnaire anglais durant un long séjour et publiés par l'Institut Anthropologique de la Grande-Bretagne (1). M. Hobley divise les habitants en quatre peuplades ayant chacune leurs caractères particuliers, les Bantus-Kavirondo, les Nilotiques-Kavirondo, les Nandi et les Masai.

Les Bantus-Kavirondo sont certainement les représentants les plus septentrionaux de la grande race des Bantus; il serait intéressant de savoir par quel côté cette race a abordé l'Uganda. Plusieurs systèmes sont en présence,

(1) *Eastern Uganda. An Ethnological survey.* London, 1902. Au mois d'avril 1902, pendant que j'écrivais ces pages, l'Est-Africain a été partagé en deux protectorats, l'Uganda et l'Est-Africain proprement dit. Tout le territoire à l'est du Victoria-Nyanza fut dévolu au Protectorat Est-Africain.

mais ni les uns, ni les autres ne sont fondés sur des faits suffisamment certains pour mériter d'être résumés. Au point de vue physique, les Bantus-Kavirondo sont certainement supérieurs aux Bagandas, ils sont plus grands, mieux bâtis, plus forts. Mais ils n'ont ni la dextérité manuelle, ni la faculté imitative si frappantes chez ces derniers. En revanche, ils sont d'une nature plus indépendante et c'est peut-être la tribu qui accepte le plus difficilement l'usage des vêtements. Malgré ce sans-gêne dans leur costume, la moralité des femmes est très supérieure à celle de leurs voisines.

Les Nilotiques sont arrivés dans la région, bien après les Bantus, et c'est probablement à cette circonstance qu'ils doivent d'avoir occupé une zone moins fertile.

Les Nandi venaient du nord. Leurs migrations remontent à une époque éloignée, du moins M. Hobley le conjecture par l'étendue du territoire qu'ils occupèrent successivement. Aucun de ceux qui l'ont visité, ne sera tenté de contredire la description qu'en donnait sir F. Johnston devant la Société Royale de Géographie de Londres. « Ce pays, disait-il, serait idéal pour la colonisation ; toutes les cultures y réussissent. Mais le caractère des habitants est un sérieux obstacle. Ils sont intraitables, agressifs, voleurs. Les Européens doivent être constamment sur leurs gardes ; à plusieurs réprises, le bruit s'était répandu qu'ils méditaient une attaque sur le chemin de fer dans le but de s'emparer des fils télégraphiques dont ils se servaient pour parer leurs personnes. »

Il est impossible, en étudiant ces pays, de ne pas remarquer l'influence du milieu sur les hommes qui les habitent. Les Nandi vivent à une altitude moyenne de six à sept mille pieds. Le sol est certainement fertile mais peu cultivé et couvert sur de grandes étendues par les arbres de la forêt. Les pluies sont fréquentes ; elles durent quelquefois plusieurs jours et sont suivies d'un brouillard épais. Des nuits froides leur succèdent. Les Nandi sont

tristes, sournois, moins développés physiquement et intellectuellement que leurs voisins. Ils se marient toujours entre eux et les familles sont peu nombreuses. Le maïs (wimbi) est la seule céréale qu'ils cultivent; le dhoura, la banane elle-même, cette providence des nègres, leur sont étrangers. Quand on parcourt, au contraire, le pays des Kavirondo, quand on voit leurs riches cultures, le contraste est saisissant. Ajoutons que les Kavirondo se marient toujours hors de leur clan et que les familles sont nombreuses. Devons-nous voir là une relation de cause à effet ? Nous posons la question, sans prétendre la résoudre.

Les Masai étaient des forgerons habiles. Ce sont eux qui fournissaient les objets en fer travaillé à tous leurs voisins (1).

Les Elkonomo, que Hobley place parmi les Masai, vivaient dans des kraals entourés de murs en pierres sèches dont on retrouve encore les ruines. Vaincus et obligés d'aller se réfugier parmi les Nandi, ils se louaient comme mercenaires dans les guerres qui se renouvelaient sans cesse entre les Nandi et leurs voisins.

Les Wandorobo, dont il faut aussi dire un mot, sont peut-être les aborigènes arrivés dans ces régions avant qu'elles fussent habitées par d'autres peuplades. Ils sont une race de chasseurs nomades, rarement en contact avec les Européens. Ils se retirent dans leurs forêts, tuant parfois un éléphant, mais se nourrissant surtout de la chair des singes, de celle d'autres petits mammifères ou du miel qu'ils récoltent en abondance. Ils chassent le gibier avec des flèches ou des dards chargés d'un poison violent. Quand le poison est fraîchement préparé, un grand taureau succombe fatalement au bout de vingt minutes (2).

(1) Le minerai de fer abonde dans toutes les parties de l'Uganda et les ouvriers habiles à le travailler ne font défaut nulle part.

(2) On ignore la composition de ce poison que les Wandorobo cachent avec soin

Il convient de résumer rapidement ce que nous savons de l'ethnologie de ces populations (1). La polygamie existe comme dans toute l'Afrique, sauf peut-être parmi les populations devenues nominalement chrétiennes. On voit des chefs qui ont trente, quarante et jusqu'à quatre-vingts femmes, et il est difficile qu'il en soit autrement étant donnée la supériorité que nous avons dite du nombre de celles-ci. Souvent les filles sont mariées à six ou sept ans, mais elles restent dans la maison de leurs parents tant qu'elles ne sont pas nubiles et le mari est tenu de leur apporter des présents annuels jusqu'à la consommation du mariage. Par une coutume assez bizarre, dans certaines tribus, le père est tenu d'offrir toutes ses filles à mesure qu'elles grandissent au mari de la première et ce n'est que sur son refus persistant, que le père peut les donner à un autre. La valeur d'une jeune fille se règle en bétail. Quatre chèvres, un jeune bœuf ou une vache paraissent un prix très suffisant. Dans d'autres clans, surtout avant l'épizootie de 1890-1891, ce prix pouvait monter jusqu'à quarante vaches. Chez les Awawanga, le minimum était de vingt chèvres et d'une vache ; pour la fille d'un chef, il fallait payer jusqu'à treize vaches. A ces prix il faut toujours ajouter quarante *jemmes*, houes en fer. Les veaux provenant des vaches données par le gendre doivent lui être restitués ; de là, de nombreuses et interminables difficultés. Si la femme meurt sans enfants, son père doit rendre les cadeaux reçus. Si au contraire une femme est maltraitée chez son mari et qu'elle se sauve, une partie du prix payé pour elle doit être restitué ; mais à moins que la femme ne trouve un nouveau mari, le premier obtient rarement cette restitution.

Si une jeune fille ne trouve pas de mari à son gré dans son clan, elle est libre d'aller dans un clan voisin, demander l'hospitalité à un jeune homme. Sa mère la suit

(1) Hobley, *l. c.*, pp. 26 et suiv.

deux ou trois jours après, pour réclamer le prix qui lui revient. On comprend qu'en pareille occurrence, le rabais est considérable.

Chez les Nandi, les jeunes gens *(elmorans)* habitent des maisons séparées. Les jeunes filles *(dittos)* vont les visiter et restent souvent avec eux pendant plusieurs jours. Si des enfants en résultent, la mère est tenue de les étrangler de ses mains et l'elmoran en est quitte pour donner une chèvre à la ditto et une autre chèvre à son père (1).

Dans le royaume d'Uganda, avant le protectorat anglais, on portait la mariée à la maison de son mari, où elle se refusait à entrer jusqu'à ce que le mari lui eût donné comme cadeau nuptial, un certain nombre de *cowries* (2). Ce premier cadeau effectué, elle ne voulait ni s'asseoir, ni manger, encore moins se coucher, sans de nouveaux cadeaux. Si le fiancé s'y refusait, la jeune fille était libre de retourner dans sa famille.

Une fois le mariage accompli, les femmes sont assez fidèles. Toute relation avec une femme mariée entraîne d'ailleurs pour l'homme une amende de deux vaches, ce qui contribue peut-être à sa réserve.

Les cérémonies du mariage se bornaient à des danses et à des festins, où le pombé et le mtama (3) coulaient à grands flots. Les femmes comme les hommes y faisaient grand honneur, en fumant le tabac très fort que produit le pays.

La circoncision existe chez quelques tribus, principalement chez les Nandi. Elle se fait quand les garçons ont

(1) Puisque nous parlons encore des Nandi, citons une particularité curieuse toujours strictement observée. Les Elmorans prisent, les Elmotis (vieillards) chiquent, les femmes fument, les Lumbwa se versent le tabac liquide dans la narine.

(2) Petites coquilles, autrefois la monnaie habituelle dans une grande partie de l'Afrique.

(3) Le pombé se fait avec du maïs fermenté, le mtama avec du miel et le jus des fruits du makendu, sorte de dattier sauvage.

quinze ans et donne lieu à des fêtes qui durent plusieurs jours. Il est impossible d'y relever aujourd'hui aucune trace d'islamisme, me disent quelques-uns de ceux qui en ont été témoins. Il est très possible cependant que cette pratique ait été importée par les Arabes et que les noirs l'aient conservée, sans se préoccuper de son origine.

Le costume est facile à décrire puisque, comme je l'ai déjà dit, il se borne presque partout pour les femmes comme pour les hommes, à une complète nudité. Les officiers anglais ne parviennent qu'avec les plus grandes difficultés à faire comprendre aux noirs l'utilité d'un vêtement. Quant à la pudeur, c'est un sentiment qui leur est totalement inconnu.

Chez les Kavirondo, les femmes portent une ceinture, retenue par un cordon de fil de bananier, de six pouces environ de largeur par devant et de neuf pouces par derrière ; chez les Nilotiques, nous voyons une ceinture à peu près semblable avec cette seule différence qu'elle ne se porte que par derrière.

Dans quelques-unes des tribus de l'Est-Africain, les vieillards ont des sortes de toges et les chefs, des costumes se rapprochant des nôtres. Les ornements consistent pour les deux sexes en bracelets de fil de cuivre aux bras et aux jambes. Les chefs portent aussi des boules en jaspe ou en calcédoine *(Nya luo)*. Ces pierres avaient, autrefois surtout, une grande valeur et l'on donnait jusqu'à une vache en échange de l'une d'elles (1).

Quelques-uns des nègres se rasent le sommet de la tête pour représenter le signe si connu auquel on a donné le nom de *swastika* (2). Il est curieux de le retrouver au

(1) M. Hobley raconte que, plusieurs années plus tard, il vit des perles semblables provenant du Belouchistan. Ce peut être là l'origine des perles de l'Uganda.

(2) Les Ja-luo font partie des Nilotiques Kavirondo. Divers auteurs ont parlé du Swastika, Th. Wilson, Washington, 1894. Dr Duret, *Le Swastika et la Croix*, REVUE DE LILLE, janvier 1905. Voyez aussi Nadaillac, *Unité de l'espèce humaine*, SCIENCES CATHOLIQUES, année 1902.

milieu des Ja-luo. Représente-t-il un souvenir religieux ou n'est-il pour eux qu'une idée de fantaisie, c'est ce que nous ne nous chargeons pas de décider.

Il est enfin une dernière coutume que l'on ne saurait omettre, l'avulsion des dents. Les Kavirondo s'arrachent quatre incisives, les Nilotiques ont le même usage. Les Nandi n'en extraient que deux à la mâchoire inférieure, le chef seul est tenu d'en arracher aussi une à la mâchoire supérieure. Une des raisons qu'ils donnent pour justifier cette cruelle pratique, est que, s'ils y manquaient, leurs femmes ne survivraient pas à leur mariage.

C'est là une des innombrables superstitions que l'on rencontre chez eux. Tout leur est présage. Si un guerrier entre en campagne et qu'il entende un oiseau à sa droite, la lutte sera peut-être acharnée, mais il reviendra vainqueur, sans grand butin probablement ; si l'oiseau se fait entendre à gauche, nombre des siens périront mais les bestiaux enlevés seront une compensation. Un enfant, dès sa naissance, porte bonheur ou malheur. Si le premier enfant est une fille, c'est le bonheur. Au contraire, il faut s'attendre à tous les malheurs, si c'est un garçon. Un nègre sur le point d'entreprendre un grand voyage demandera à la première personne qu'il rencontrera le sexe de l'aîné de ses enfants ; si elle lui répond un garçon, il est probable que le nègre rentrera chez lui. Tous se regardent comme invulnérables, si avant le combat, ils ont pu se procurer une certaine graine. Ces superstitions, nombre d'autres, se transmettent de générations en générations sans jamais s'affaiblir. Quand après une longue guerre, la paix finit par se conclure, on prend le crâne d'un âne, parfois même un crâne humain, et chaque parti à son tour le crible de coups de hachette. Les Kavirondo coupent un chien en deux ; d'autres assomment une tortue. Ces démonstrations ou ces supplices signifient le châtiment qui atteindrait ceux qui oseraient violer la paix qui vient d'être jurée. Ces peuplades possèdent déjà

une certaine civilisation. Elles savent fondre le fer, en tirer les armes et les outils utiles à leurs besoins encore peu développés, faconner une poterie grossière, tisser des étoffes communes, se procurer du sel par l'évaporation de l'eau des marais salants. Sur deux points, elles restaient encore plongées dans une triste dégradation : la nudité qu'elles affectionnent et le feu que, comme nos ancêtres préhistoriques, elles ne savent se procurer que par le frottement de deux morceaux de bois l'un contre l'autre, jusqu'à l'apparition de la flamme (1). Un signe de progrès, que l'on est heureux de constater, est aujourd'hui l'absence complète chez ces peuples de toute trace d'anthropophagie. La mention seule en est repoussée avec horreur.

A côté de ces populations, il en est d'autres plus barbares, nominalement soumises à l'Angleterre. Elles sont des plus curieuses à étudier et compléteront pour nos lecteurs l'ethnologie du pays.

V

La forêt de Semliki occupe une surface encore mal déterminée. Elle suit la côte ouest de l'Afrique depuis la Guinée jusqu'à l'embouchure du Congo ; on la retrouve à l'est, se prolongeant bien avant dans certaines parties de l'Uganda. Livingstone, Stanley, Grogan l'ont partiellement traversée et c'est à eux que nous devons les notions les plus exactes que nous possédions. Comme je l'ai déjà dit, elle paraît être la retraite favorite des éléphants. Les lions s'y montrent plus féroces qu'ailleurs, bien que l'abondance des cervidés de toute espèce soit largement de nature à satisfaire leur appétit. Johnston, si je ne me trompe, put la traverser dans toute sa longueur. Il y vit et

(1) En voyageant ils portent constamment dans leurs carquois, à côté de leurs flèches, de petits morceaux de bois très sec et très inflammable avec lequel ils obtiennent très rapidement le feu.

il parvint plus tard à y tuer un animal inconnu qui offrait quelques ressemblances avec les girafes, encore mieux avec l'*Helladotherium* (1), ruminant de l'époque tertiaire découvert par M. Gaudry en Grèce. Johnston lui donna le nom d'*Okampus* (2).

Au fur et à mesure que l'on pénètre plus profondément dans l'intérieur de la forêt, les arbres deviennent plus nombreux, plus gros ; mais il faut s'éloigner à une vingtaine de kilomètres des côtes, pour trouver une partie encore inexploitée. Là on voit des arbres dont le diamètre mesure $1^m,20$, $1^m,30$ et qui atteignent en hauteur 45 à 50 mètres. Ces géants sont des essences les plus diverses, acajous, palissandres, légumineuses, d'autres encore ; réunis ils forment de magnifiques futaies (3).

Deux races de nègres se rencontrent sur les limites de la forêt, les Ba-Nanda à la taille élevée, à l'apparence simienne, à l'intelligence peu développée. Leur langage serait le Lu-Konjo, rameau très archaïque du Bantu.

Les Pygmées sont la seconde et la plus intéressante de ces races. Ils sont de véritables nègres et sortent très probablement des Boschismen de l'Afrique du Sud. « Il pourrait bien se faire, dit M. de Quatrefages (4), que ces négrilles africains, évidemment tous de la même souche, fussent en réalité la plus petite des races humaines connues. » Ils étaient en rapport avec les Égyptiens dès les plus anciens temps historiques, amenés dans le pays par les trafiquants qui dès cette époque, nous disent les historiens, entretenaient avec les habitants du Congo des relations suivies. Sir H. Johnston croit que ces négrilles ont aussi vécu en Sicile, en Sardaigne et jusque dans

(1) Gaudry, *Enchaînements du monde animal dans les temps géologiques. Mammifères tertiaires.* Paris, 1878, pp. 79 et 149.

(2) Les zoologistes anglais ont cru voir dans l'*Okampus* une espèce nouvelle. Boule a rectifié cette assertion. NATURE, 14 novembre 1901, p. 588.

(3) GÉOGRAPHIE, *La Forêt tropicale en Afrique*, 1902, t. II, pp. 27 et suiv.

(4) de Quatrefages, *Les Pygmées*. Paris, 1887.

nos régions pyrénéennes où, selon lui, on aurait retrouvé leurs squelettes. Nous lui laissons la responsabilité de cette assertion, dont il n'indique pas l'origine. Ces pygmées, selon l'opinion de M. de Quatrefages qui semble cependant ne l'émettre qu'avec une certaine réserve, se rattachent à une souche unique, présentant deux types bien distincts. L'un d'eux a la peau d'un rouge brun, l'autre la peau noire et les cheveux très foncés. Peut-être aussi ces derniers sont-ils un peu plus grands. Le récit de Johnston est loin d'être clair à cet égard. La taille moyenne, dont il faut toujours se méfier si on ne sait pas avec certitude le nombre des individus dont la taille a été relevée, serait pour les hommes de 4 pieds 7 pouces, pour les femmes de 4 pieds 2 pouces. Peut-être même cette moyenne serait-elle élevée, car Johnston dit avoir mesuré des hommes atteignant à peine 4 pieds 2 pouces et une femme n'arrivant pas même à 1 pied (1).

Le nez de ces pygmées est large, le prognathisme très marqué, le cou enfoncé, la région fessière comme chez les Hottentots très développée. Les hommes ont la barbe et les favoris très fournis et le système pileux très abondant sur tout le corps.

Les pygmées de Semliki plongés dans la barbarie ne connaissaient aucun animal domestique, ne se livraient à aucune culture. Comme les Wandorobo, ils vivaient des insectes qu'ils recueillaient dans la forêt et qu'ils dévoraient avec avidité, du miel qu'ils trouvaient en abondance, de la chasse surtout. Toute viande leur était bonne ; ils mangeaient avec délices celle du singe, celle des petits mammifères qu'ils tuaient avec leurs flèches ou qu'ils prenaient dans des pièges construits avec une

(1) Comme point de comparaison, Bartow cite une Boschismane mesurant 1m,14, Vossion un Akkas de 1m,42 et une femme de la même tribu de 1 mètre seulement. Des deux Akkas amenés en Europe, l'aîné alors âgé de quatorze ans mesurait approximativement 1m,40, le plus jeune qui devait avoir entre neuf et dix ans, 1 mètre. Ce qui suppose à l'âge d'adulte une taille de 1m,50 et de 1m,30. NATURE, 4 juillet 1874.

intelligence que l'on était loin de leur soupçonner. Ils n'hésitaient même pas à attaquer les éléphants avec des flèches empoisonnées et quand l'un d'eux était blessé, ils le poursuivaient pendant des journées entières, sûrs de l'effet du poison et de la mort de leur victime.

Leurs demeures sont des huttes de forme conique construites en branches recourbées dont les extrémités étaient fichées en terre. Le toit consistait en une couverture de feuilles entassées. Ces huttes mesuraient environ quatre pieds de diamètre et autant de hauteur. Sur le côté, on avait soin de disposer un trou très étroit par où le pygmée se glissait en rampant. Les enfants dès le sevrage, généralement très retardé, étaient mis dans des huttes séparées où ils devaient s'accoutumer à vivre seuls.

La polygamie existe mais le pygmée doit souvent se résigner à une seule femme, faute de pouvoir en nourrir plusieurs. Le mariage n'existe pas, à moins que l'on ne veuille donner ce nom à l'union de deux êtres de sexe différent, qui se prennent, se quittent, se reprennent au gré de leur caprice du moment.

Parmi les métaux, le fer seul leur était connu et encore ne l'avaient-ils obtenu que très tardivement, par échange avec les grands nègres leurs voisins. Jusque-là, ils ne se servaient que d'armes ou d'outils de pierre.

Les relations entre les grands et les petits nègres, en général pacifiques, étaient parfois troublées par les déprédations des pygmées qui cherchaient à assouvir leur faim aux dépens de leurs grands voisins. Ils s'abattent comme une avalanche sur les cultures des Ba-Nanda ; bananes, maïs, tabac, tout disparaît en un instant. Mais si l'on a soin de les concilier par quelques petits présents, ils deviennent de paisibles voisins prêts à rendre toute sorte de services. En général, ils sont d'un caractère excessivement timide et, à la moindre alerte, ils disparaissent dans les profondeurs de la forêt. Les Européens ne

peuvent les approcher seuls ; ils n'y parviendraient même pas sans l'intervention des grands nègres.

Ils sont fanatiques de chants et de danses ; leurs chants sont doux et plaintifs, leurs danses lascives ; leurs pantomimes, plus lascives encore, excitent surtout la joie bruyante des assistants.

Les musiciens sont assis par terre en cercle. Les instruments sont primitifs : des troncs d'arbres fermés aux deux bouts par des peaux et sur lesquels les artistes s'agitent avec frénésie. Ils ne se contentent pas de leurs instruments ; ils frappent la terre des pieds, des mains, des coudes, de toutes les parties du corps. Ces représentations sont curieuses et originales, disent ceux qui en ont été les témoins.

Peut-être, ai-je été trop sévère en disant les pygmées plongés dans la plus complète barbarie ; ainsi ils apprennent les langues avec une grande facilité, mais leur prononciation est si défectueuse, qu'il est difficile de les comprendre. Les petites pygmées ont le cœur très sensible, elles s'attachent très volontiers aux grands nègres et quand Sir Fred-Lugard, un des premiers organisateurs de l'Uganda, traversa la forêt de Semliki, les soldats de sa garde soudanaise firent sur elles la plus vive impression. Nombre de ces jeunes filles les suivirent et rien n'était plus risible que de voir ces petites femmes de quatre pieds trottinant derrière ces géants, dont le plus petit dépassait six pieds. Leur costume ne les gêne pas. Dans leur forêt, elles vont nues ; mais si, par hasard, elles se trouvent en contact avec des étrangers, elles se hâtent de revêtir un pagne en feuilles ou en écorce, qu'elles quittent avec le même empressement dès le départ de leurs hôtes.

Quel est l'avenir réservé à ces races qui peuplent l'Est-Africain ? Il est impossible de l'envisager sans tristesse. Il est évident qu'elles ne peuvent s'assimiler notre civilisation, elles doivent donc peu à peu disparaître devant elle.

VI

Nous avons rapidement indiqué les races qui habitent l'Est-Africain ; il faut maintenant parler du royaume d'Uganda, le seul de ces pays qui présentait quelques éléments d'ordre et de stabilité, si l'on peut appeler de ce nom le féroce despotisme dont le vaillant explorateur Speke (1) nous a conservé les tristes détails. Il est curieux de les comparer avec l'état actuel du pays ; dans un petit nombre d'années, cette comparaison sera plus curieuse encore.

Le roi qui gouvernait le pays s'appelait, je l'ai dit, Mtesa. C'était un beau jeune homme de vingt-cinq ans environ, d'une capacité évidemment supérieure à celle des autres nègres. Véritable Néron par sa cruauté et sa sensualité, mais ayant du moins quelques idées de gouvernement et de progrès.

La résidence royale *Kibouga* était établie au penchant d'une colline, mais sur le conseil des sorciers qui jouaient un grand rôle auprès de lui, Mtesa la transféra au sommet de cette même colline, et c'est là qu'il tenait sa cour, quand Speke arriva.

La cour est le vrai mot dont il faut se servir. Le roi est tantôt debout, tantôt assis. On ne doit l'approcher qu'en rampant ; toucher son trône, ses vêtements, regarder ses femmes rangées en demi-cercle autour de lui, emporte la peine capitale et l'exécution immédiate, à moins que le roi, dans un accès assez rare de mansuétude, ne la commue

(1) Étrange destinée que celle de Speke ! Après avoir échappé aux périls de la grande insurrection indienne, à ceux de trois expéditions dans les parties les plus inexplorées du continent africain, après avoir failli être dévoré par les bêtes féroces ou par les anthropophages, il devait périr victime d'un vulgaire accident. Il chassait près de Bath en Angleterre, son fusil s'accrocha à une branche, le coup partit et la charge pénétra en pleine poitrine. La mort fut immédiate. Speke, *La Source du Nil*, préface, trad. franç. Paris, 1864.

en une grosse amende. Le malheureux souvent ruiné par la grâce royale s'épuise en acclamations *n'yanzig* que tous les assistants répètent avec une égale ardeur. Telle est la scène qui se voit à chaque audience.

J'oubliais un détail topique. Un certain nombre de sorcières sont toujours présentes, veillant pour détourner le mauvais œil qui pourrait se porter sur le roi. Vieilles et hideuses, elles sont coiffées de lézards desséchés, ceintes d'un tablier très exigu en peau de chèvre auquel sont attachées des sonnettes qui annoncent de loin leur arrivée. Les décrets rendus par Mtesa dans ces occasions sont brefs et impératifs : « Les troupeaux, les femmes, les enfants ne sont pas assez nombreux dans l'Uganda, deux mille hommes partiront immédiatement pour l'Unyoro (1) et en ramèneront d'autres. — Les Vouasaga ont insulté mes sujets, ils doivent être réduits en servitude. — Les Vouahaiga ont omis de verser leur tribut, il faut l'exiger avec usure. » Le chef de l'armée désigne ceux qui commanderont sous lui ; on lève les hommes ; tous doivent marcher ; toute réclamation, toute hésitation, tout retard surtout, sont punis de mort. Les déserteurs sont flétris du nom de femmes et les signes de leur virilité sont brûlés avec un fer rouge. Au retour de ces expéditions, d'immenses troupeaux de bestiaux, de longues files de femmes et d'enfants défilent devant Mtesa qui les reçoit en grande pompe et les distribue libéralement à ceux qui se sont distingués.

D'autres fois, le roi juge les accusés amenés devant lui. La cause est rapidement entendue, la sentence plus rapidement encore exécutée, souvent au milieu d'atroces tortures. Parfois, si le coupable, victime souvent de dénonciations intéressées, essaie de se justifier, sa voix est couverte par les cris des courtisans empressés de montrer leur zèle.

(1) L'Unyoro comprend un immense plateau se dressant à 4000 ou 5000 pieds, au-dessus de la mer (Woodward, *l. c.*, p. 69). La température moyenne atteint 100° F, et le thermomètre monte parfois à 115°.

Souvent, les dénonciations portent sur les offenses les plus triviales. Le prosternement de celui-ci n'a pas été suffisamment respectueux, le *mbouga* d'un autre n'était pas noué selon l'étiquette ordonnée par le roi ; le costume d'une femme n'était pas conforme au cérémonial qui exige la nudité la plus complète en présence du roi ; le fils du premier bourreau, personnage des plus importants, avait manqué un n'yanzig ; il fut livré à son père et l'exécution devait être immédiate. L'intervention de Speke, qui venait d'arriver, lui sauva la vie.

Quand Mtesa est bien disposé, ces peccadilles peuvent être rachetées par des cadeaux et nul ne lui est plus agréable que celui de jeunes filles renommées pour leur beauté. Elles vont pour un temps, généralement assez court, grossir le harem royal, elles sont ensuite abandonnées à quelque courtisan singulièrement flatté de l'honneur qu'il reçoit. Puis viennent les cadeaux offerts par les fidèles sujets. Les sorciers apportent des baguettes qui guérissent tous les maux ou accomplissent tous les désirs ; le chasseur amène aux pieds du roi, dans de grandes corbeilles d'osier, les antilopes, les chats sauvages, les porcs-épics, les rats d'étrange apparence pris dans ses pièges ou dans ses filets ; les pêcheurs arrivent chargés de poissons ; les jardiniers, de fruits et de légumes ; les couteliers apportent des fourchettes ou des couteaux en fer incrustés de bronze ou de cuivre ; les fourreurs, des mosaïques de peaux d'antilope cousues avec une remarquable habileté ; les couturiers, des mbouga. Aucun objet ne s'offre sans avoir été manié longtemps, pour bien montrer qu'il ne renferme rien de nuisible et sans que celui qui offre le présent ne manifeste sa reconnaissance de l'honneur qu'il reçoit par de longues acclamations.

Tel était l'homme que Speke allait visiter, tels étaient les spectacles dont il allait être chaque jour, pour ainsi dire, saturé. Sa marche se faisait à travers un superbe pays. « Ngambesi, écrit-il, me frappa d'admiration par la pro-

preté, le bon ordre des habitations, par la richesse du sol. Un des oncles de Mtesa est le propriétaire de ce beau fief. Il avait été épargné lors de l'avènement du jeune roi, contrairement à la coutume du pays, qui voulait qu'à la mort d'un roi, tous les membres de la famille royale fussent égorgés ou brûlés, sauf deux ou trois préservés pour l'entretien de la race.

« Mrouka, continue Speke, est situé sur de magnifiques montagnes couronnées par la végétation la plus variée. La température est à souhait, les chemins larges et bien entretenus, les huttes très propres. Sur nombre de cours d'eau, on trouve des passerelles de bambou ou de troncs de palmiers pour faciliter le passage, fait inconnu en Afrique, avant l'arrivée des Européens. »

Mtesa à qui les progrès du voyage étaient rapportés chaque jour, attendait avec une impatience d'enfant l'arrivée de l'homme blanc, dont il avait tant entendu parler. Quand il apprit qu'il approchait, il interrompit un pèlerinage pour rentrer à son palais et le recevoir.

Speke arrivait en effet (1). Il prétendait être conduit immédiatement au palais du roi, mais il ignorait les exigences de l'étiquette africaine. Les chefs chargés de sa personne ne l'entendaient pas ainsi ; prétextant les ordres qu'ils avaient reçus, ils le conduisirent vers des huttes sales et sordides où logeaient les hôtes du roi. C'était là que s'arrêtaient les trafiquants arabes. C'était là aussi que Speke devait s'arrêter.

Le lendemain, un feu de file de ses soldats annonça, ainsi qu'il était convenu, son arrivée et les pages du roi accoururent lui annoncer que Mtesa était prêt à le recevoir. Je ne m'arrêterai pas à décrire les difficultés d'étiquette soulevées à chaque pas et que Speke tranchait assez brutalement, alléguant le rang qu'il occupait dans

(1) Au mois de janvier 1862.

son pays et qui ne permettait pas de le confondre avec un trafiquant arabe.

Enfin toutes les difficultés furent vaincues et le voyageur se trouva face à face avec le souverain nègre assis sur son siège royal, au milieu de toute la pompe qu'il pouvait déployer. Les présents qu'il apportait avaient mis Mtesa de bonne humeur ; la première entrevue fut très cordiale et Speke fut congédié avec six pots de pombé, tandis que les pages conduisaient à sa hutte vingt vaches et dix chèvres. Les ordres très impératifs du roi portaient que rien ne devait lui être vendu, que ses gens étaient autorisés à prendre dans ses jardins tout ce dont ils auraient besoin, à s'emparer même du lait et du pombé que l'on portait au palais pour la consommation journalière. On peut juger des difficultés qu'allait faire naître cette singulière hospitalité.

Le lendemain, Speke retourna chez son nouvel ami. Il le trouva encore sous le charme des cadeaux qu'il avait reçus la veille. La carabine surtout paraissait à Mtesa un don des plus précieux. Speke dut la charger à balle, puis Mtesa la remit à un de ses pages lui enjoignant de tirer sur le premier homme qui passerait dans une cour voisine. Le page partit en courant, le coup retentit, l'homme était mort ! La joie du roi du succès de sa nouvelle arme était inénarrable. Les n'yanzig des courtisans éclataient enthousiastes. Sauf Speke, encore peu habitué à de semblables scènes, cette froide cruauté n'étonnait aucun des assistants.

La personne la plus importante de l'Uganda après le roi, était la N'yamsore, sa mère. Elle possédait de vastes domaines et, à la mort de son mari, elle avait partagé avec son fils les nombreuses femmes qu'il laissait, à l'exception de celles préposées à la garde du tombeau du défunt. Speke reçut l'avis de faire deux visites de suite au roi et de consacrer le troisième jour à sa mère. Son palais, du moins ce qui portait ce nom, ressemblait à celui de Mtesa,

une collection de huttes séparées par des cours entourées de clayonnages en herbes très tranchantes munies de barrières en bois avec de grosses clochettes où veillaient les gardes. Toutes ces huttes étaient habitées par les femmes attachées à la N'yamsore. Les premières comme rang étaient l'*Ilma* qui, à la naissance de Mtesa, avait eu l'honneur de couper le cordon ombilical, et la *Savouaganzi*, la sœur de la Reine, qui remplissait de droit l'importante charge de barbier. La N'yamsore était arrivée à la maturité de l'âge et de l'embonpoint. Elle était simplement vêtue d'un mbouga et portait un fichu roulé autour de sa tête (1). Nonchalamment étendue sur un tapis, le coude appuyé sur un coussin, elle attendait avec impatience l'Anglais. Après l'avoir contemplé quelques instants, elle renvoya toutes ses femmes, sauf deux ou trois qui étaient ses confidentes et demanda des remèdes pour ses nombreuses maladies, dont la plus fâcheuse lui paraissait les fréquentes apparitions nocturnes de feu son mari. Puis vint la présentation des cadeaux. Sa joie, qu'elle ne cachait pas, fut grande ; et dans sa naïve admiration elle ne cessait de répéter que jamais on ne lui avait offert de pareils trésors.

D'autres visites suivirent cette première. La N'yamsore se familiarisait rapidement avec son visiteur. Les pots de pombé se succédaient ; bientôt ils furent insuffisants, on apporta et on plaça devant la reine une grande auge en bois semblable à celles que nous pouvons voir dans nos fermes, remplie de sa liqueur favorite. La N'yamsore y plongea sa tête, s'abreuvant à la façon des animaux. Ses femmes l'imitèrent. On se mit à fumer de longues pipes remplies d'un tabac très fort qu'on abandonnait un instant pour retourner au pombé. Puis les danseurs, les musiciens arrivèrent vêtus de peaux de chèvre. La fête dégénéra

(1) La N'yamsore, selon certains voyageurs, jouissait du privilège d'avoir plusieurs maris. Le silence de Speke me fait croire que ce récit est controuvé.

rapidement en une ignoble orgie. La reine, chose absolument inouïe dans les fastes de l'Uganda, entonna une chanson bachique et se mit à danser. Son mbouga se détacha, elle continua à danser avec plus d'ardeur encore ; la fête était complète !

Tout ne se passait pas en fêtes. Les réclamations de Speke étaient incessantes. Il se plaignait de l'insuffisance des vivres, de l'irrégularité de leur envoi. Ses hommes et lui souffraient de la faim (1). Il réclamait plus vivement encore contre le logement qui lui était assigné. La réponse de Mtesa ne se fit pas attendre. Il plaidait l'ignorance : « Il m'est arrivé, disait-il, de faire tuer jusqu'à cent Vouakandou (2) dans la même journée, je suis prêt à recommencer, s'ils ne prennent pas plus de soin de mes hôtes ».

La seconde demande de Speke fut plus promptement accueillie. Il obtint sur son insistance la faveur d'habiter une des huttes situées dans l'enceinte du palais. Ses impressions ne furent guère favorables.

« Voici déjà quelque temps que j'habite l'enceinte royale, écrit-il dans son journal (3), et par conséquent les événements qui s'y passent ne peuvent m'être cachés. Me croira-t-on cependant, si j'affirme qu'il ne s'est pas passé un jour sans que je n'aie vu mener à la mort des femmes du harem de Mtesa ? Une corde roulée autour du poignet, elles étaient traînées par des gardes qui les conduisaient à l'abattoir. » Ces pauvres créatures en larmes poussaient des gémissements déchirants. Malgré leurs appels touchants, pas un homme ne cherchait à les arracher au bourreau. De loin en loin, une plainte à demi étouffée se faisait entendre ; ces femmes cependant étaient jeunes et souvent belles. Un jour Mtesa rencontra une de ces infortunées ; fatigué de ses pleurs et de ses

(1) Speke et ses hommes recrutés pour la plupart au Zanzibar, étaient au nombre de quarante-cinq.

(2) Les Vouakandou étaient les nobles de l'Uganda.

(3) *L. c.*, pp. 527, 528 et 545.

supplications, il saisit sa carabine et la mort mit un terme à cette scène odieuse. Speke fut témoin d'une scène semblable qui se termina mieux, grâce à son intervention. Durant une promenade, une de ses femmes avait osé offrir un fruit à Mtesa ; pour ce crime de lèse-étiquette, une mort immédiate l'attendait. Loubouga, l'épouse favorite du moment, toutes ses femmes prosternées à ses pieds imploraient sa grâce. Mtesa impatienté demanda une massue, elle allait retomber, lorsque Speke lui saisit le bras. Jamais, on n'avait rien osé de semblable, mais le roi était de bonne humeur. Il se mit à rire ; la pauvre femme était sauvée !

Ce qui frappe le plus, après l'odieuse cruauté des sentences, c'est leur extrême disproportion. Tout dépend du caprice du moment, de la soudaineté des impressions du monarque. Une jeune fille s'était sauvée de chez son mari ; elle se retrouve chez un voisin qui déjà avait eu les oreilles coupées pour ses galanteries trop fréquentes. Sans même écouter leur défense, Mtesa condamne les deux coupables à mort et, par un hideux raffinement, il ordonna que leurs membres, successivement coupés, seraient livrés sous leurs yeux aux vautours. Un autre jour, à une de ses distributions de terres, de grades, de femmes à ses officiers, un de ces derniers, mécontent de son lot, osa réclamer : sur l'heure, il fut coupé en morceaux ! A côté de ces atrocités, un jour Mtesa était seul, ce qui arrivait rarement ; un jeune homme, presqu'un enfant menace de le tuer pour le punir, disait-il, du meurtre de tant de ses sujets qu'il avait fait si cruellement mourir. Il en fut quitte le lendemain pour offrir une chèvre comme une expiation suffisante.

Le mariage n'est qu'une promiscuité brutale. Un Vouakandou est-il père d'une jolie fille, il se hâte de l'offrir au souverain, pour se faire pardonner quelques peccadilles. Mtesa exigera la même offrande d'un prince voisin à titre de tribut. En retour les Vouakandou sont pourvus de

femmes par le roi ; les razzias, les confiscations fournissent largement à cette dépense. Toutes ces femmes sont traitées avec la plus grande brutalité. Quand la mort n'est pas la peine prononcée, elles sont cruellement fouettées avec des nerfs d'hippopotame ou bien vendues comme esclaves et obligées aux plus durs travaux.

Speke touchait à la fin de son séjour. Son ami Grant l'avait rejoint ; il avait complété les renseignements qui lui permettaient d'affirmer que le Nil prenait sa source dans le Victoria-Nyanza (1) et d'éclaircir un problème géographique qui avait pesé sur de longues générations. Nous le quittons avec regret. Il a été pour nous un loyal et véridique témoin. Il a fait connaître ce qu'était ce roi, ce qu'était ce gouvernement et mieux comprendre les efforts nécessaires pour relever une race abrutie par une si longue et si cruelle tyrannie. C'est le mérite des Anglais de l'avoir entrepris et de l'avoir accompli.

Après le départ de Speke, les événements de l'Uganda continuèrent à suivre le même cours, des razzias incessantes, des confiscations, auxquelles nul ne songeait à résister, facilitaient les largesses de Mtesa et lui assuraient des dévouements intéressés. Ce roitelet nègre (2) avait assez d'intelligence pour comprendre la puissance des Anglais, les dangers qu'il courrait en se brouillant avec eux et jusqu'à sa mort, arrivée en 1884 ou 1885, il resta en termes convenables avec eux. Il fut remplacé par son frère Mwangwa qui, obéissant à des conseils moins sages, se laissa dominer par le parti hostile aux étrangers. L'évêque Hannington fut assassiné, sinon par son ordre, du moins avec sa complicité. Une enquête l'établit clairement. Son rôle ne fut pas moins odieux vis-à-vis d'Emin Pacha, de l'Allemand Junker, de Casati qu'il tenait bloqués dans le Wadelay, faisant massacrer les messagers

(1) *Nyanza* signifie une vaste nappe d'eau douce, un lac par exemple.

(2) On rapporte que durant ses dernières années, il s'est converti à l'islamisme.

qu'ils envoyaient en Europe pour faire connaître leur dangereuse position (1). Les querelles religieuses, celles, trop fréquentes, des missionnaires entre eux jouaient un triste rôle et dégénéraient bien souvent en luttes sanglantes où Mwangwa trahissait tous les partis (2). La patience des Anglais était à bout ; Mwangwa dut consentir à placer son pays sous le protectorat britannique. Son irritation s'en accrut et, d'accord avec les Soudanais, il organisa une révolte. Rapidement vaincu et fait prisonnier, il fut déporté aux îles Seychelles, où il vient de mourir à la suite de la rupture d'un anévrisme qu'il avait refusé de laisser soigner (3).

L'Uganda a actuellement un souverain reconnu *Kabaka*, portant le titre d'altesse. Le kabaka actuel Daudi-Chua, que le major Woodward dit fils de Mwangwa, est encore mineur, il gouverne sous la tutelle de trois chefs indigènes et avec le concours d'une assemblée élue *Lukiko*. C'était le plan développé par lord Salisbury à Sir F. Johnston, dans une visite qu'il faisait en 1888 à Hatfield (4).

La capitale de l'Uganda est Mengo. Entebbé (*Ntebbe*) à 148 miles de Port-Florence, sur le Victoria-Nyanza, est la capitale administrative anglaise.

Veut-on apprécier les résultats obtenus en un bien petit nombre d'années? - En traversant le Victoria-Nyanza et en pénétrant dans l'Uganda, dit en terminant son dernier rapport Sir Ch. Eliot, Haut Commissaire de S. M. pour le Protectorat de l'Est-Africain (5), on se croit sur un autre continent. Le pays est peuplé, bien cultivé ; les champs sont séparés par des haies ; partout on trouve d'excellents chemins, des maisons bien bâties et tout cela

(1) Stanley, *Through the dark continent*. JOURN. MANCHESTER SOC., 1887.

(2) Ceux qui voudront se rendre compte de la situation devront lire le ch. VIII, pp. 75 et suiv., du travail de Woodward.

(3) SINT-JAMES GAZETTE, 9 mai 1905.

(4) TIMES, 22 août 1888.

(5) *Report*, June 1905, p. 10 (Woodward, *l. c.*, p. 71).

est l'œuvre des nègres, des anciens sujets de Mtesa! Bien plus, hommes et femmes sont vêtus, et c'est une égale disgrâce, pour les deux sexes, de ne pas savoir lire et écrire; les chefs indigènes possèdent des machines à écrire et s'en servent pour leur correspondance administrative. La majorité des habitants professe au moins nominalement le christianisme et nulle part, sauf peut-être au Japon, on ne trouve une population plus disposée à accepter les mœurs et les coutumes des Européens (1). »

VII

Depuis que ces pages ont été écrites, de grands changements ont été introduits dans l'organisation primitive de l'Est-Africain. Au mois d'avril 1902, l'Est-Africain a été détaché de l'Uganda et érigé en protectorat séparé sous l'administration de Sir Ch. Eliot, avec l'assistance de magistrats indépendants, chargés chacun d'un district.

Ce nouveau protectorat, décrit sommairement, comprend le territoire entre la mer et les lacs Victoria et Rudolf (2), avec une ligne de côtes s'étendant de l'Équateur au 4° 30′ sud. La partie nord-ouest est encore très imparfaitement connue et la frontière Abyssinienne n'est délimitée que par des reconnaissances préliminaires (3).

Le chemin de fer de l'Uganda (il porte encore ce nom) est entièrement compris dans l'Est-Africain. Partant de Mombasa, il aboutit à Port-Florence sur le Victoria-Nyanza, après un parcours de 931 kilomètres (4). Les

(1) Leur langage est le Bantu, sans mélange de mots étrangers

(2) Le lac Rudolf est le second, comme importance, des lacs du Protectorat; sa superficie est d'environ 5050 miles carrés.

(3) *Report by His Majesty's Commissioner on the East Africa Protectorate*. June, 1903.

(4) A chaque instant sur le parcours de la voie, on rencontre ces immenses fourmilières construites par des fourmis blanches (*Termes Mozambicus* — *T. Bellicosus*). Ce sont des éminences élevées de 10 à 12 pieds, sur 1 pied à

trains emploient deux jours et demi pour arriver de la mer au lac. Une autre journée est nécessaire pour la traversée de Port-Florence à Mengo, la capitale de l'Uganda. On peut donc aujourd'hui accomplir en trois jours et demi un trajet qui, par caravanes, en exigeait soixante-dix (1) !

Le Nil sort du nord-ouest du Victoria-Nyanza, à une petite distance d'un récif de rochers de 17 pieds de hauteur qui porte le nom de Ripon Falls. A sa sortie du lac, sa largeur varie de 300 à 500 mètres. La température est très élevée ; durant la saison chaude, le thermomètre descend rarement au-dessous de 100° F. (37°,78 C) et il s'élève quelquefois au-dessus de 113° F. La région est des plus malsaines, l'accumulation du *sudd* (2) y contribue et cependant les Madi et les Shuli, les principales tribus de la région, sont de magnifiques spécimens de l'humanité. La navigation est difficile, à raison des nombreux rapides et du *sudd* dont nous avons parlé. D'autres dangers attendent le navigateur. Entre Fajao et Magungu le nombre des crocodiles et des hippopotames est véritablement fantastique ; les premiers cherchent à happer au passage les

18 pouces de diamètre à la base. Vues du chemin de fer, on dirait des cheminées d'usine. On trouve dans l'Afrique du Sud, comme dans l'Afrique équatoriale, un nombre extraordinaire de ces termites. Ils appartiennent à la famille des termidées mais, malgré leur nom, ils n'ont aucun rapport avec les fourmis. Leurs ravages sont considérables et, sur quelques points, ils rendent toute culture, toute habitation impossibles (Dr Loir, NATURE, 1905, n° 1572, p. 88). LA NATURE a déjà publié des articles intéressants sur ces ravageurs en 1875, 1879 et en 1880 « Dans le Transvaal, dit le Dr Loir, au-dessus d'un soulèvement de terre de 5 mètres de hauteur, on voit une ouverture béante creusée presque horizontalement : c'est l'entrée. »

(1) Ce grand travail a été en majeure partie exécuté par des Asiatiques, la main d'œuvre indigène étant complètement insuffisante. Ainsi, de mars 1900 à mars 1901, il a été employé 2500 indigènes et 19 742 Hindous pour lesquels les vivres devaient être importés des Indes (B. White, *To the Victoria-Nyanza by the Uganda railway*, SCOTTISH GEOG. MAGAZINE, 9 avril 1901)

(2) Le *sudd* se forme au débouché du Semliki dans le Nil, dans cette partie du fleuve à laquelle on a donné le nom de Victoria. C'est une plante de petite taille dont les racines descendent à un pied et demi de profondeur. Leur nombre fait leur importance.

hommes et les animaux, les hippopotames à chavirer les barques, les dug-out, qui osent s'aventurer sur le glorieux fleuve (1).

On peut juger de l'immense service rendu à ces misérables nègres incapables même de le comprendre. Les difficultés vaincues ont été très considérables, au dire des ingénieurs. La famine décimait le territoire traversé par le chemin de fer; la fièvre et la variole venaient y joindre leurs ravages; l'eau, que sur quelques points il fallait faire venir de loin, manquait parfois totalement. Ces difficultés n'arrêtent pas leur ardeur. Un télégramme récent de Mombasa annonce que la Compagnie du Tanganyika a décidé la construction d'un chemin de fer du Victoria-Nyanza au lac Tanganyika et un autre du sud de ce même lac au lac Moero, touchant les mines d'or du Congo, avec un parcours d'environ 1800 miles (2).

Sir C. Eliot (3) a été surpris des progrès des villes de la côte depuis qu'il les avait visitées. Ce progrès est surtout remarquable à Mombasa, la capitale du Protectorat, et l'ouverture du chemin de fer aura certainement pour effet de développer rapidement ce progrès. Les rues ont été drainées, élargies et embellies ; de nouvelles routes ont été ouvertes, un jardin public établi, un hôtel de premier ordre ouvert, une banque créée dans le square central. On prépare les plans d'une cathédrale protestante. Les autres cultes chrétiens sont plus en retard. En revanche, un temple hindou et une mosquée musulmane sont achevés et contrastent avec cette triste apathie.

Mombasa renferme deux ports : Mombasa même et Kilindini où une maison anglaise a déjà des établissements considérables. Trois lignes anglaises desservent chaque mois le port, venant de Zanzibar, de Delagoa-Bay et des côtes indiennes ; un steamer allemand de la ligne Est-

(1) Woodward, *l. c.*, pp. 53 et 55.
(2) Sint-James Gazette, 10 juillet 1903.
(3) *Report*, p. 5.

Africaine y fait escale et au mois d'août 1902, le Lloyd autrichien a tenté un essai pour ouvrir une communication entre Trieste et l'Afrique équatoriale.

Les indigènes établis sur les côtes sont connus sous le nom de Wanyika. Malgré leurs rapports avec les Européens, ils ne sont guère plus civilisés que les nègres de l'intérieur. Ils répondent faiblement aux incessants efforts des missionnaires qui espèrent les amener au christianisme ; la plupart sont encore payens. Dans ces dernières années, cependant, l'islamisme a fait parmi eux d'importants progrès. Dans quelques centres, les nègres acceptent le christianisme, sans guère le comprendre, cédant aux efforts et à l'influence des missionnaires (1).

Nairobbi, la seconde ville du Protectorat, est situé au pied des monts Kilkuyu, dans une plaine basse et marécageuse où tout drainage est impossible. Cet emplacement a été choisi pour faciliter la construction du chemin de fer. Comme compensation, le climat est excellent et de vieux officiers, accoutumés pendant toute leur carrière au climat brûlant de l'Inde, se plaignent même du froid. Les enfants européens peuvent y être élevés avec sécurité (2), ce qui est presque toujours impossible dans les grands centres indiens.

Malgré ce milieu favorable, la peste bubonique a éclaté à Nairobbi le 4 mars 1902 et a duré jusque vers le milieu d'avril (3). Les médecins ne sont pas d'accord sur

(1) On compte dans l'Est-Africain 25 missions dont une seule est catholique ; les autres ont été établies par les Anglais, les Allemands et les Américains.

(2) « Ten years experience, dit Sir C. Eliot, has shown that European children can live and thrive there. »

(3) On a constaté soixante-trois cas et dix-neuf morts. Je sors un peu de mon sujet et de ma compétence, en ajoutant qu'une maladie étrange et mystérieuse règne dans de nombreuses parties de l'Afrique équatoriale et qu'elle se retrouve dans le Kavirondo. Cette maladie dite *du sommeil* commence par des assoupissements qui vont en se rapprochant et qui se terminent invariablement par la mort. Elle est contagieuse, mais jusqu'à présent elle n'attaque que les nègres. Tantôt les malades succombent au bout de quelques jours, tantôt leur agonie se prolonge pendant plusieurs

son origine ; l'hypothèse la plus probable est qu'elle a été importée de l'Inde dans des ballots de laine infectée ou peut-être par des rats à qui il est toujours facile d'attribuer sa dissémination.

Une grande partie de l'Est-Africain est couverte d'une couche profonde de lave et de déjections volcaniques. Les couches carbonifères ne se rencontrent pas dans de pareilles conditions géologiques (1). Ces couches ne pourraient donc se trouver que dans le nord du Protectorat, où l'on constate l'absence de tout dépôt volcanique. Comme dans l'Uganda, le minerai de fer abonde. Le mica et le graphite, le premier surtout dans l'Ukamba, ne sont pas moins abondants ; c'est aussi dans ce district qu'a été récemment découverte une couche importante de carbonate de soude que l'on se prépare à exploiter.

Mais c'est l'or que les prospecteurs recherchent avec une activité dévorante. Les immenses fortunes accumulées si rapidement dans le Transvaal, justifient toutes les ambitions, encouragent toutes les avidités. Il est certain que le précieux métal se rencontre en paillettes dans plusieurs rivières de l'Uganda ou de l'Est-Africain ; des avis récents permettent d'autres espérances, l'avenir nous apprendra si elles sont réalisables (2).

L'agriculture surtout doit assurer l'avenir de cette partie de l'Afrique. C'est une riche région tropicale, extrêmement riche même sur certains points. Les cocotiers abondent et déjà l'on exporte le copra ; il en est de même pour la gutta-percha *(Landolpha kirkii)* que l'industrie réclame avec une énergie croissante pour des

mois (Ac. des Sciences. Paris, 6 juillet 1905). Le gouvernement du Protectorat a fait elever à Kisumu un hôpital où l'on pratique l'isolement complet, sans grand succès jusqu'ici. A la fin du mois de juillet dernier, l'agence Reuter recevait un télégramme de Zanzibar, annonçant la découverte de l'insecte qui serait la cause de cette maladie. Le premier pas est fait ; c'est l'antidote qu'il convient maintenant de chercher. Les médecins s'y livrent avec ardeur.

(1) *Report, l. c.* p. 14.

(2) *Report, l. c.* p. 15, *note.*

besoins chaque jour nouveaux. Malheureusement, les concessions mal données, encore plus mal surveillées sont une des causes de la destruction de cette précieuse richesse. Le maïs (1), l'orge, le riz, la canne à sucre poussent vigoureusement. Il a été fait des plantations de tabac à Gasi au sud de Mombasa ; elles donnent les meilleures espérances. La culture du coton déjà connue des nègres, se propage assez rapidement, grâce à l'appui du gouvernement anglais, et donne des résultats satisfaisants. Lord Cromer annonçait récemment l'envoi au Soudan d'ingénieurs et d'ouvriers chargés de construire un chemin de fer mettant en communication l'Océan Indien avec Mombasa et le Transafricain. On rassurerait ainsi Manchester sur l'avenir de ses manufactures, si le coton américain venait à manquer. Les caféiers ne sont plantés que depuis un petit nombre d'années, ils donnent déjà de brillantes espérances. Tous les végétaux importés d'Europe réussissent. Pour ne citer que les pommes de terre, elles donnent lieu à une exportation importante. Elles se vendent à Lourenço-Marquez ou à Durban onze livres sterling la tonne, rémunération très avantageuse pour le cultivateur De riches pâturages enfin se rencontrent partout et l'élève des bestiaux, bœufs, moutons, chèvres promet une industrie des plus prospères. Déjà les peaux s'exportent à des prix rémunérateurs.

Sir C. Eliot a raison : le sol de l'Est-Africain bien cultivé doit apporter l'aisance, la richesse même à l'immigrant travailleur et intelligent, surtout s'il arrive avec un petit capital. Il serait sans doute de l'avis de son prédécesseur Johnston qui demandait non seulement la concession d'un certain nombre d'hectares de terre à tout immigrant présentant les conditions désirables, ce que tous approuveront ; mais encore de lui avancer les sommes

(1) Le maïs se vend à Mombasa trois quarts de penny les six livres (mesure anglaise).

nécessaires pour son premier établissement. C'est le système de l'État-Providence, auquel l'Angleterre s'était montrée si longtemps et si résolument hostile et auquel elle tend de plus en plus à se rallier, autrement dit, c'est le triomphe du socialisme d'État si dangereux pour l'avenir de nos sociétés modernes.

Pour revenir à l'Afrique, il est un obstacle important pour tous les progrès, toutes les améliorations que l'on peut désirer : c'est l'insuffisance de la population ; la main-d'œuvre fait défaut à l'est comme au centre ou au sud et, pour accomplir les grandes choses que les Anglais rêvent et qu'ils accompliront avec le temps, je n'en puis douter en voyant les grandes choses qu'ils ont achevées, il faudrait avant tout apprendre aux nègres les lois du travail et de la vie. Ils apprennent plus facilement les syndicats, les grèves et les droits du travailleur. On a vu pour la construction du chemin de fer de l'Uganda, combien l'importation des Asiatiques avait été utile, on le voit chaque jour pour l'exploitation des mines du Transvaal et de la Rhodesia. Je n'ai pas l'intention de traiter ici la question avec les développements qu'elle comporte, je dirai seulement que de sa solution bonne ou mauvaise dépend l'avenir bon ou mauvais de l'Afrique.

Je ne puis mieux terminer ma tâche qu'en citant la conclusion de M. Jules Leclercq en présentant à l'Académie royale de Belgique, l'*Afrique Nouvelle*, le beau livre de notre savant confrère M. Ed. Descamps. « Les précurseurs de l'œuvre africaine ont fait place aux organisateurs, l'ère des grandes explorations et des temps héroïques est close ; l'œuvre de la diplomatie est achevée. Désormais, c'est l'ère de la mise en valeur. L'ordre règne, là où règnait la barbarie. La civilisation commence à pénétrer les profondeurs de l'Afrique moderne. » Ceux qui nous remplaceront, ont assurément un beau rêve à réaliser.

Mis DE NADAILLAC.

LES DIMENSIONS DE L'UNIVERS

« Une des propriétés remarquables de la loi de l'attraction, a dit Laplace, est que, si les dimensions de tous les corps de l'Univers, leurs distances mutuelles et leurs vitesses venaient à diminuer proportionnellement, ils décriraient des courbes entièrement semblables à celles qu'ils décrivent ; en sorte que l'Univers, réduit ainsi successivement jusqu'au plus petit espace imaginable, offrirait toujours les mêmes apparences aux observateurs...

» La simplicité des lois de la Nature ne nous permet donc d'observer et de connaître que des rapports. »

Cette conclusion paraîtra sans doute un peu hardie. Prétendre que les apparences de l'Univers sont indépendantes de ses dimensions, revient à dire qu'un observateur, majoré ou minoré dans la même proportion que le Monde qu'il habite, ne s'apercevrait pas du changement qui s'est opéré en lui et autour de lui. Delbœuf a démontré l'inexactitude de cette proposition (1) ; néanmoins il reconnaît que le texte cité contient d'autres propositions exclusivement mécaniques auxquelles, en outre de l'appui de Newton, le seul fait que Laplace les a signées donne une autorité incontestable. « La loi de Laplace est vraie *mécaniquement*, dit-il, dans les limites strictes de son énoncé. »

Nous allons chercher à établir que si, dans un Univers géométrique tel que les mathématiciens seuls peuvent

(1) *Mégamicros*.

le concevoir, la simplicité des lois de la Nature permet de réduire les proportions sans changer les apparences, il en va tout autrement dans le Monde réel. La similitude est une conception purement théorique qui ne peut pas être transportée dans le domaine de la physique ou de la mécanique. Il n'existe pas, il ne peut pas exister dans tout l'Univers, deux Mondes semblables comme figure, dimensions, etc., s'ils ne sont pas rigoureusement identiques.

Laplace suppose que, en diminuant de volume, les différents corps de l'Univers conservent la même densité aux points homologues. Cela ne peut arriver que s'ils sont formés de matériaux absolument incompressibles. De tels éléments se voient-ils dans la Nature? Il est permis d'en douter. La propriété de changer de volume sous la pression paraît inhérente à la matière discontinue. Au moins l'on peut affirmer que toutes les substances connues sont soumises à cette loi. Admettons cependant qu'il puisse exister une série de planètes de différentes grosseurs formées d'un seul fluide incompressible de densité ρ.

Soient : a le rayon de l'une d'entre elles ; p la pression supportée par une couche de rayon x placée à son intérieur.

Il est facile de démontrer que, d'une manière générale (1).

$$(1) \qquad dp = -4\pi\rho \frac{dx}{x^2} \int_0^x \rho x^2 dx.$$

Ici nous disons que ρ est constant. En intégrant et en observant que, à la surface où $x = a$, la pression est nulle, il vient :

$$p = \frac{4\pi\rho^2}{3} \left(a^2 - x^2\right).$$

(1) Resal, *Mécanique céleste*, p. 228.

A une même profondeur relative δ exprimée en fraction du rayon, $\delta = \frac{a-x}{a}$, on aurait :

$$p = \frac{4\pi\rho^2 a^2}{3}\,\delta\left(2-\delta\right).$$

Ainsi, bien que la densité soit uniforme pour toutes nos planètes, la pression aux points homologues varie comme le carré de leur rayon. Il n'y a donc pas similitude.

Mais laissons là nos planètes fictives et supposons que nous ayons affaire à des astres dont la matière suit une loi déterminée de compression. Prenons la plus simple de toutes, la loi de Mariotte. Nous aurons :

$$p = k\rho;$$

et, en vertu de l'équation (1)

$$dp = kd\rho = -4\pi\rho\,\frac{dx}{x^2}\int_0^x \rho x^2 dx.$$

Cette dernière équation est satisfaite en posant :

$$2\pi\rho x^2 = k.$$

La densité et la pression à l'intérieur de chacune de nos planètes varient en raison inverse du carré de la distance au centre.

La constante k s'obtiendra en écrivant que la somme des masses de toutes les couches d'épaisseur dx est égale à la masse totale M supposée connue : .

$$\mathrm{M} = 4\pi\int_0^a \rho x^2 dx = 2ka.$$

D'où

$$k = \frac{\mathrm{M}}{2a}.$$

Cette soi-disant constante k est donc un paramètre variable qui dépend à la fois de la masse et du rayon de chaque planète.

A la surface où $x = a$, la densité et la pression deviennent :

$$\rho_a = \frac{M}{4\pi a^3};$$

et

$$p_a = \frac{M^2}{8\pi a^4}.$$

A vrai dire, dans une masse gazeuse suivant exactement la loi de Mariotte, il n'y aurait ni surface limite, ni pression ni densité superficielles. Les formules

$$p = kz \quad \text{et} \quad 2\pi\rho x^2 = k$$

montrent que, la pression intérieure ne s'annulant pour aucune valeur finie de la densité, le gaz doit s'étendre indéfiniment. Il ne peut pas en être ainsi ; et comme dans les gaz très raréfiés la pression diminue plus vite que la densité, on en conclut qu'elle finit par disparaître avant que celle-ci soit tout à fait nulle. On est donc obligé de faire une hypothèse et d'admettre, par exemple, que, de même que la loi de Mariotte ne s'applique plus à partir du moment où le gaz trop comprimé se liquéfie, elle cesse aussi d'exister au-dessous d'une certaine limite de la densité. La pression, au lieu de disparaître peu à peu, s'évanouit alors brusquement. Eh bien ! cette limite elle-même n'est pas fixe, et elle dépend de la masse de la sphère gazeuse. En effet, dans cette hypothèse, la densité superficielle a pour valeur, comme il est dit plus haut,

$$\rho_a = \frac{M}{4\pi a^3}.$$

Elle est égale au tiers de la densité moyenne D,

$$D = \frac{3M}{4\pi a^3}.$$

Or, dans une série de planètes formées d'un même fluide compressible, la densité moyenne augmente évidemment avec la masse.

Le rapport

$$\frac{p}{\rho} = \frac{M}{2a} = \frac{2\pi a^2 D}{3}$$

s'accroît lui aussi, proportionnellement au carré du rayon et à la densité.

Nous arriverons à des résultats semblables en étudiant une autre loi de compressibilité.

On peut lire dans l'ANNUAIRE DU BUREAU DES LONGITUDES que la variation de la densité à l'intérieur de la Terre est assez bien représentée par la formule

$$(2) \qquad \rho = \rho_0 \left(1 - \beta \frac{x^2}{a^2}\right)$$

où ρ_0 est la densité au centre et β un coefficient dont la valeur admise aujourd'hui est $\frac{3}{4}$.

Cette formule, combinée avec l'équation (1), donne par une suite de calculs faciles,

$$(3) \qquad \frac{dp}{d\rho} = \frac{2\pi G a^2}{5^3}\left(\frac{2}{3} + \frac{\rho}{\rho_0}\right).$$

La pression est liée à la densité par une relation qui peut être considérée comme la caractéristique d'un fluide ou d'un ensemble de fluides déterminés. On serait disposé à croire que le même fluide, transporté sur diverses planètes, s'y comportera toujours de la même façon. Mais, à supposer que la formule (2) ne change pas, la loi dépend de trois paramètres qui sont : le rayon a de la planète ; sa densité centrale ρ_0 ; le coefficient de décroissance de la densité β.

Le premier paramètre est variable par hypothèse ; les deux autres le sont aussi comme conséquence de la variation du premier. Il est clair en effet que, si le volume et la masse d'une planète s'accroissent indéfiniment par l'addition de couches superposées, formées d'un même fluide compressible, la densité centrale augmentera presque sans limite, aussi bien en valeur absolue que relativement à celle des couches superficielles.

On peut vérifier que ces déductions concernant l'aug-

mentation de la densité sont exactes pour ceux des astres qu'il est permis de comparer entre eux. D'une part, la Lune, Mars et la Terre, composés en immense partie de matériaux solides et liquides, se trouvent ainsi rangés dans l'ordre croissant de leur volume, de leur masse et de leur densité. D'autre part, le Soleil, Jupiter et Saturne, chez lesquels l'élément gazeux paraît prépondérant, suivent la même progression décroissante ; et sans la dilatation due à la haute température du Soleil, l'écart entre sa densité et celle de Jupiter serait encore plus marqué. A la limite de la raréfaction des gaz se trouvent les comètes dont la densité, à peine appréciable, est en rapport avec leur faible masse.

Voyons jusqu'où peuvent nous entraîner les conséquences de cette non-similitude. Essayons de construire un système solaire en miniature. Commençons par le Soleil. Ce que nous voyons de cet astre, la photosphère, n'est pas sa surface limite. Au-dessus de cette couche, formée de particules solides ou liquides portées à l'incandescence, il y a la chromosphère, puis la couronne. La photosphère est la couche à hauteur de laquelle, sous une pression toujours la même, les vapeurs montant de l'intérieur se condensent en nuages brillants. En réduisant progressivement la masse de notre Soleil, nous diminuerons la densité et surtout la pression aux points homologues. La couche éclairante, de pression ou de densité constante, se rapprochera du centre et son diamètre décroîtra comparativement à celui de la surface limite. La photosphère, diminuant ainsi beaucoup plus rapidement que la surface du Soleil tout entier, sera bientôt réduite à un simple point lumineux et même à rien du tout. Le Soleil brillant sera alors remplacé par une nébulosité diffuse, à peine éclairante, analogue aux comètes. Il n'en saurait être autrement d'ailleurs puisque, en diminuant la masse du Soleil et sa sphère d'attraction, nous

faisons disparaître à peu près la source d'où provient sa chaleur, c'est-à-dire sa propre condensation.

Que deviendront alors les planètes, transformées en astéroïdes et privées des rayons bienfaisants de l'astre qui leur distribue chaleur et lumière ? Faut-il croire que les unes comme Mars, la Terre, plus avancées dans leur évolution, se figeront en blocs glacés, semblables à ces nombreux bolides qui sillonnent l'espace interplanétaire ? D'autres, formées pour une partie de gaz encore chauds, vont-elles se changer en comètes ou en essaims d'étoiles filantes ? Les comètes elles-mêmes ne retourneront-elles pas à l'état de poussières cosmiques ? Il est assez difficile de le dire, mais on peut affirmer que notre Monde, dépourvu d'étoile centrale, serait absolument méconnaissable.

Nous voilà bien éloignés de la théorie, séduisante peut-être, mais assurément fausse, de la conservation des apparences. Combien plus s'accentueront les divergences si, au lieu de considérer le système solaire tel qu'il se présente aujourd'hui au cours de son évolution, nous essayons de remonter aux origines. Ce système, avant d'arriver à son état actuel, a traversé une phase nébulaire. De tous ses éléments, autrefois disséminés dans un vaste espace, la plupart de ceux qui ont échappé à la condensation centrale se sont rassemblés en un petit nombre de grosses masses, les planètes ; les résidus forment la lumière zodiacale, les comètes et les étoiles filantes. Les premiers sont déjà solidifiés en partie et le seront entièrement tôt ou tard. Telle la Lune, dont la surface est nue et desséchée. Quant aux résidus, s'ils ne sont pas absorbés par le Soleil ou par quelque planète, ils resteront indéfiniment gazeux.

D'où provient cette dissemblance entre des matériaux ayant fait partie autrefois d'une même nébuleuse ? A-t-elle simplement pour cause la différence accidentelle de gran-

deur entre les masses des agglomérations planétaires et celles de leurs résidus ? Est-elle au contraire primordiale et inhérente à la nature même des éléments qui constituaient le chaos primitif ? En d'autres termes, est-ce à la rareté quantitative de leurs matériaux ou à la pauvreté qualitative de leurs éléments que certains corps célestes doivent de se maintenir à l'état gazeux ?

Faye n'hésite pas à trancher la question dans ce dernier sens : « On a cru longtemps, dit le savant auteur de l'*Origine du Monde*, avant l'application de l'analyse spectrale, que les nébuleuses nous présentaient l'état primitif de mondes en voie de formation, à leur début pour ainsi dire, et qu'elles devaient aboutir en se condensant peu à peu à des formations stellaires, à des mondes comme le nôtre, c'est-à-dire à un soleil central accompagné d'un cortège de planètes. Il faut renoncer à cette analogie, car il manque à ces nébuleuses une chose essentielle, à savoir une constitution chimique variée, des éléments susceptibles de revêtir la forme solide. Sans doute, notre Monde, comme tous les autres, a dû commencer par un amas de matériaux disséminés dans un vaste espace ; mais ces matériaux comprenaient une grande variété d'éléments chimiques qui manquent aux nébuleuses proprement dites. Vous voyez bien, çà et là, dans la belle nébuleuse d'Orion, des traces évidentes de concentration locale ; mais l'analyse spectrale n'y décèle que des gaz. Gazeuse elle est et gazeuse elle restera bien certainement, à moins que des matériaux tout différents ne lui viennent de quelqu'autre région de l'espace. » Ainsi, pour Faye, et sans doute aussi pour la plupart des astronomes, une nébuleuse appelée à se transformer en un système stellaire doit, dès l'origine, être au moins aussi riche par la variété de ses matériaux que par leur nombre. A leurs yeux la matière cosmique est formée d'éléments différents les uns des autres, doués de propriétés constitutives, spéciales à chacun d'eux et servant à les distinguer. A ce

compte, une propriété bien définie, commune à toute une catégorie d'éléments permettrait, sans erreur possible, de les caractériser. Telle serait, pour les gaz, la loi de Mariotte,

$$p = k\rho.$$

La constante k, particulière à chaque gaz, suffirait, en général, à le faire reconnaître. Le même gaz, dans les mêmes conditions de température et de pression, devrait avoir partout et toujours le même volume et la même densité. Cet argument est d'ailleurs courant pour justifier, d'après la théorie cinétique, l'absence de gaz légers dans les atmosphères planétaires. On admet, en effet, que, dans des circonstances identiques de volume, de température et de pression, les gaz parfaits contiennent tous le même nombre de molécules. Ces particules se meuvent en tous sens et s'entrechoquent avec des vitesses très variables dont la moyenne atteint pour l'hydrogène 1840 mètres par seconde. Pour les autres gaz, cette moyenne diminue en proportion de l'augmentation de leur densité. Mais, dans le nombre, il y a des molécules dont la vitesse est bien supérieure à la moyenne et peut quelquefois l'emporter sur la gravité. Si ces molécules se trouvent à l'extrême limite de l'atmosphère, elles cesseront d'en faire partie et se disperseront dans l'espace interplanétaire jusqu'à ce qu'elles soient recueillies par un astre doué d'une attraction plus puissante. Ainsi, quelques savants cherchent à expliquer comment l'hydrogène a dû abandonner la Terre pour se réfugier dans la chromosphère et pourquoi la Lune n'a plus d'atmosphère. Ils ont même établi une nomenclature des gaz qui peuvent se maintenir dans telle ou telle planète. Jupiter, grâce à la puissante gravité qui règne à sa surface, peut retenir tous les gaz connus. Saturne laisse échapper l'hydrogène, mais retient l'hélium. L'atmosphère de Mars ne peut pas contenir de vapeur d'eau. Enfin sur la Lune et sur la plupart des autres

satellites on doit s'attendre à ne rencontrer ni azote, ni oxygène, ni même acide carbonique.

Voilà une conclusion peu conforme à la théorie de la similitude et une objection que Laplace n'avait certainement pas prévue. C'est même la négation de la possibilité de l'existence des Mondes. Le temps n'est plus où l'on croyait avec Chateaubriand que la Terre avait été créée d'une seule pièce (1). Tout s'accorde au contraire à témoigner que les corps célestes ont été formés progressivement par une accumulation lente et successive de matériaux ayant passé par l'état gazeux. Au début, chaque étoile se réduisait à une petite masse dont la faible attraction aurait été, d'après les conséquences de la théorie cinétique, incapable de retenir aucun gaz. Ses premiers éléments, à peine réunis, se seraient aussitôt volatilisés. La dispersion des comètes, sous l'action dissolvante de l'attraction solaire, nous donne une vague idée de ce qui aurait dû se passer à l'origine de chaque formation planétaire. On se demande même comment les comètes peuvent encore subsister. Et l'anneau de Saturne, à la périphérie duquel la pesanteur est à peine plus forte qu'à la surface de la Lune (0,18 au lieu de 0,17), par quel prodige d'équilibre se maintient-il! Ses particules gazeuses, semblables aux éclaboussures projetées par les roues d'une voiture, ne devraient-elles pas depuis longtemps s'être détachées de lui et circuler librement dans l'espace? A vrai dire, s'il fallait en croire ceux qui transportent d'une planète à l'autre, sans les adapter à leur nouveau milieu, les conclusions tirées des phénomènes terrestres, le Monde ne serait jamais sorti du chaos.

Heureusement, la théorie cinétique peut rester vraie sans que, pour cela, les atmosphères des planètes et de

(1) « Il est vraisemblable que l'Auteur de la Nature planta d'abord de vieilles forêts et de jeunes taillis : que les animaux naquirent, les uns remplis de jours, les autres parés des grâces de l'enfance. ... » *(Génie du Christianisme).*

leurs satellites soient exposées à la dispersion. Nous avons vu plus haut que, à l'intérieur d'une sphère gazeuse de masse M et de rayon a, le rapport de la pression à la densité était :

$$\frac{p}{\rho} = \frac{M}{2a}.$$

La pesanteur à la surface est :

$$g = \frac{M}{a^2}.$$

On a donc :

$$p = 2ga\,\frac{\rho}{4}.$$

Or $2ga$ est exactement le carré de la vitesse acquise, à l'instant où il tombe sur la planète, par un mobile venant de l'infini ; ou, si l'on veut, $\sqrt{2ga}$ est la vitesse critique que ne peut pas dépasser une petite masse à la surface de la planète sans sortir de la sphère d'attraction de celle-ci. D'autre part, d'après la théorie cinétique, la pression p est proportionnelle à la moyenne des carrés des vitesses des molécules gazeuses. C'est la racine carrée de cette moyenne qui, pour l'hydrogène, atteint 1840 mètres. Il en résulte que, d'une planète à l'autre, les vitesses moléculaires à l'intérieur d'un même gaz varient dans la même mesure que la vitesse critique. En d'autres termes, la tendance à la dispersion des atmosphères est constante ; elle ne dépend en aucune façon, comme on le croit généralement, de la masse des planètes.

Sur la Terre et sur la Lune, par exemple, les vitesses critiques sont respectivement 11 180 et 2437 mètres. Transportée de la Terre à la Lune sans changement de volume ni de température, une masse d'hydrogène aurait sa pression réduite dans la proportion de $\frac{M'}{2a'}$ à $\frac{M}{2a} = 0{,}0475$. (M, M', a, a', étant les masses et les rayons de la Terre et de la Lune). Il en serait de même de la moyenne des carrés des vitesses moléculaires. La racine carrée de

cette moyenne, appelée improprement la vitesse moyenne, descendrait de 1840 à 401 mètres. Et le rapport de ces deux nombres, $\frac{401}{1840}$, est le même que celui des vitesses critiques $\frac{2437}{11\,180}$ (1).

Pour cette fois, du moins, le principe de la similitude mécanique est exact. Il est possible de faire varier les dimensions d'une planète sans craindre de voir son atmosphère se dissiper. Le contraire serait surprenant ; la loi de la chute des graves, $v^2 = 2gh$, ou la proportionnalité du carré de la vitesse à l'accélération, doit s'appliquer aux mouvements des particules gazeuses sur la Lune et partout ailleurs aussi bien que sur la Terre. En revanche, la similitude physique, c'est-à-dire l'égalité de volume à température et sous pression constantes, n'existe pas. Il s'agit cependant de gaz parfaits soumis à la loi de compressibilité la plus simple qui se puisse imaginer. D'autres fluides, tels, par exemple, ceux qui forment la majeure partie du globe terrestre, donneraient des résultats encore plus discordants.

N'est-ce pas là une grande présomption en faveur de la croyance à l'influence de la masse sur la diversité apparente des corps de la Nature ? Leurs éléments, au lieu d'être doués de qualités essentielles, inaltérables, spéciales à chacun d'eux, sont sans doute capables de se modifier suivant l'ambiance du milieu. Une telle hypothèse n'a assurément rien de choquant pour ceux qui considèrent les atomes matériels comme des systèmes stellaires en miniature. Aussi estimeront-ils avec nous que Faye

(1) La théorie précédente donne immédiatement l'explication de ce paradoxe apparent que la température d'un corps gazeux s'élève continuellement tandis qu'il se contracte en perdant de la chaleur. En effet, puisque $\frac{p}{\rho} = \frac{M}{2a}$, toute diminution de volume — ayant pour cause une rupture momentanée de l'équilibre des couches gazeuses contractées par refroidissement — fait croître le rapport de la pression à la densité. Ce phénomène ne peut avoir lieu que si la température s'élève.

est dans l'erreur lorsqu'il dit en parlant de la nébuleuse d'Orion : « Gazeuse elle est et gazeuse elle restera bien certainement ». Sur quoi est basée cette conviction ? Sur ce fait que son spectre se réduit à trois ou quatre raies lumineuses. Est-ce bien là une preuve suffisante ? Si une petite masse, qui nous apparaît solide, pouvait être divisée jusqu'en ses derniers éléments, atomes ou molécules, et dispersée sous forme de poussière cosmique extrêmement rare, que deviendrait son spectre ? Nous n'en savons probablement rien. En outre, il n'est pas admissible que cette nébuleuse, dont les dimensions sont au moins cent fois supérieures à celles du système solaire, puisse être constituée par une seule masse de gaz. La pression intérieure atteindrait des limites telles que tous les corps connus seraient au moins liquéfiés. Cela résulte des équations que nous avons étudiées plus haut :

$$\frac{p}{\rho} = \frac{2\pi a^2 D}{3}.$$

La matière y doit exister sous une forme que nous appellerons chaotique ou cosmique, très différente de celle dont notre atmosphère peut donner l'idée. Il y a sans doute des condensations partielles, gazeuses pour le présent à cause de leur faible volume, mais appelées à se solidifier plus tard si elles prennent de l'importance. Il adviendra de la nébuleuse d'Orion ce qu'il est advenu de la nébuleuse solaire et de toutes celles qui ont donné naissance aux mondes stellaires. Ses éléments prendront suivant les circonstances telle ou telle figure d'après les hasards de leurs groupements ultérieurs. Ceux qui ne s'assembleront qu'en petites masses, comme les comètes, garderont leur apparence gazeuse. D'autres, agglomérés par une plus grande condensation, revêtiront la forme solide. Et il pourra très bien arriver que tous ces matériaux, qui se présentent aujourd'hui sous un aspect à peu

près uniforme, offrent plus tard une diversité au moins égale à celle des éléments de la chimie terrestre.

Cette conception de l'identité des particules élémentaires de la matière n'est pas nouvelle ; mais alors qu'autrefois elle se réduisait à une sorte d'intuition plus ou moins vague, les travaux récents des physiciens permettent aujourd'hui de lui donner une base scientifique. Dans cette Revue même, M. de Lapparent a exposé avec sa clarté habituelle les progrès de l'hypothèse corpusculaire déjà adoptée par beaucoup de savants. Un plus récent article du R. P. V. Schaffers, S. J., a pu mettre les lecteurs au courant de la théorie des électrons. Chaque atome est constitué par un ou plusieurs corpuscules fortement chargés d'électricité positive autour desquels gravitent d'autres corpuscules électrisés négativement. Ces derniers, qui ont pu être isolés, paraissent identiques entre eux, quelle que soit la nature chimique de l'atome dont on les détache. S'il arrivait que les corpuscules positifs fussent aussi identiques entre eux, la totalité de l'Univers matériel serait formée par le groupement de deux espèces seulement d'éléments primordiaux, l'électricité positive et l'électricité négative (1). D'où proviendraient alors ces différences entre les propriétés chimiques des divers corps de la Nature ? Il resterait évidemment à l'expliquer. Faut-il croire que les atomes, systèmes de corpuscules en mouvement, se distinguent les uns des autres comme les systèmes stellaires ? La science ne nous permet pas encore de répondre. Mais plus on observe la Nature et plus on est frappé à la fois de la simplicité de ses lois et de la complication des résultats qui en découlent. Quoi de plus compliqué que les mouvements des corps célestes ? Aussi a-t-il fallu des siècles de travaux et de patientes recherches pour en découvrir la véritable cause. Et aujourd'hui

(1) J. Perrin, *Les Hypothèses moléculaires*. Revue scientifique, 13 avril 1901.

encore, malgré la simplicité de cette cause bien connue, les mathématiciens sont impuissants à nous donner une représentation exacte de la marche des planètes et de celle de leurs satellites. Ils doivent se contenter d'approximations. Dans notre propre système, la multiplicité des mouvements, soit autour du Soleil, soit à l'intérieur des planètes, est déconcertante. Et, dans l'immensité de l'Univers, combien existe-t-il de systèmes variés, étoiles doubles, étoiles multiples accompagnées ou non de satellites, amas d'étoiles, nébuleuses de forme bizarre, etc... dont les mouvements sont encore moins accessibles à l'analyse ! Est-il donc déraisonnable d'étendre aux divers aspects de la matière ce qui est vrai pour le mouvement : l'unité de principe sous la variété des apparences ? Nous ne le pensons pas. Nous le croyons d'autant moins que nous avons cherché à établir que cette prodigieuse complication résulte d'un état antérieur aussi simple qu'il soit possible de l'imaginer : *un chaos excessivement rare dont les éléments sont animés de mouvements absolument quelconques* (1). Aucune hypothèse n'a besoin d'être faite sur la disposition initiale de ces éléments, sur la direction ou sur la vitesse de leurs déplacements. Le hasard seul semble avoir présidé à leur distribution. Il a suffi, pour donner naissance au système solaire, qu'il se trouvât quelque part une région de calme relatif et de compensation approchée. Tous les autres systèmes peuvent s'expliquer de la même façon. La matière en mouvement disséminée dans l'espace et la loi de la gravitation universelle, voilà tout ce qu'il faut pour faire surgir, au milieu d'un désordre apparent, l'harmonieuse diversité que nous admirons dans la nature. C'est la théorie de l'indétermination originelle poussée jusqu'à ses dernières limites.

Une telle manière de voir est absolument contraire à l'idée que l'on avait de l'Univers au temps de Laplace. De

(1) *Formation mécanique du système du Monde.*

la marche circulaire actuelle des planètes et de leurs satellites on croyait devoir conclure à l'existence d'une rotation initiale. Les comètes paraissaient trop capricieuses pour appartenir au système solaire. Faye lui-même, en ressuscitant, ou peu s'en faut, les tourbillons de Descartes, s'est embarrassé au milieu de ses girations intestines. La complication des effets empêchait de croire à la simplicité des causes.

Si l'on étend à la substance matérielle la théorie de l'indétermination originelle vérifiée pour le mouvement, on est amené à conclure que la figure actuelle d'un système stellaire dépend uniquement du nombre de ses éléments, de leur répartition et de leur vitesse initiales. Il est inutile de faire intervenir « la variété des éléments chimiques ». Ainsi, la belle nébuleuse d'Orion, condamnée par Faye à rester perpétuellement gazeuse parce que son spectre ne contient que les raies de l'azote et de l'hydrogène, aboutira peut-être à un monde d'une variété insoupçonnée, alors que l'antique nébuleuse, d'où est issu le merveilleux système solaire, si elle eût été réduite par Laplace aux dimensions d'une comète, en aurait indéfiniment gardé les apparences.

En résumé, le principe de la similitude, vrai dans son acception géométrique, ne saurait être transporté dans le domaine du monde matériel. On peut construire deux triangles ayant les angles égaux deux à deux et dire qu'ils sont semblables. Leurs propriétés restent les mêmes et nous n'y voyons d'autre différence que la longueur des côtés. Mais on n'arrivera jamais à faire de la Lune un diminutif exact de la Terre. Encore moins réussirait-on à transformer les planètes télescopiques en autant de soleils en miniature. Pour l'observateur vulgaire, ces innombrables étoiles qui émaillent la voûte céleste se ressemblent à peu près toutes ; elles ne se distinguent que par leur éclat. Le géomètre peut soumettre leurs mouvements à

l'analyse sans s'inquiéter de leur grandeur absolue ; ses calculs seront toujours justes. Mais le physicien et l'astronome, pour qui ces astres ont une histoire, ne les confondront pas. A ceux qui se donnent la peine de réfléchir, un système de corps célestes, dernier terme de l'évolution d'un lambeau détaché du chaos primitif, apparaît comme formé de matériaux dont la quantité, bien plutôt que l'espèce, a déterminé la figure. Et s'il est encore prématuré de conclure à l'identité des derniers éléments de la matière, il est au moins permis d'affirmer que les dimensions de l'Univers sont absolues.

Vte DU LIGONDÈS.

SUR

UNE TRIPLE ALLIANCE NATURELLE [1]

Dans les deux premières parties de ce travail, nous avons passé en revue quelques faits provoqués par la triple alliance des corps solides, liquides et gazeux ; pour terminer notre étude bien succincte, nous nous proposons de décrire quelques exploits de nos petites alliées dans l'atmosphère terrestre.

Eh quoi ! si, par la pensée, nous considérons une petite masse d'air quelconque, aurons-nous à signaler des efforts exercés par elle sur des particules d'eau ou sur des corpuscules solides ? Ne nous sera-t-il pas permis de dire que l'air, dont la présence ne nous est révélée en général que par son état de mouvement, est un fluide trop léger, trop subtil pour soutenir soit des gouttelettes liquides, soit, *à fortiori*, des fragments solides ? Mais si nous nous bercions d'une illusion pareille, tout le monde nous objecterait aussitôt l'apparition si souvent observée de brouillards et de nuages flottant dans l'atmosphère ; peut-être même rappellerait-on les quantités prodigieuses de poussières suspendues parfois dans l'air.

Nous sommes donc amené naturellement à nous demander comment les brumes et les nuages dont nous avons déjà parlé, peuvent demeurer assez longtemps en

(1) Voir Revue des Questions scientifiques, t. LI, janvier 1903, pp. 37-64; voir aussi : G Van der Mensbrugghe, *Quelques pages de l'histoire d'un grain de poussière*, t. XXXVI, p. 17, et *Quelques exploits d'une particule d'air*, t. XXXIX, p. 211.

suspension dans l'espace. Après cet examen, nous aurons à proposer une explication plausible de la profusion vraiment étonnante des poussières de tout genre distribuées partout autour de nous.

Et d'abord, rappelons-nous le combat mystérieux que nous avons déjà décrit et qui se livre à la surface libre des eaux : à tout moment, sans que nous puissions le voir, des milliards de particules de vapeur se séparent du liquide et s'élèvent à des hauteurs considérables dans l'atmosphère. N'en soyons pas surpris, car nous savons que, sous la même pression et à la même température, la vapeur d'eau invisible ne pèse que les 62 centièmes du poids du même volume d'air. Seulement les colonnes innombrables qui, grâce à leur légèreté relative, opèrent sans cesse leur mouvement ascensionnel, sont très sensibles à l'action du froid. Nous devons nous attendre à ce que, bien souvent, de très notables quantités de vapeur invisible se condensent et même se solidifient à des hauteurs suffisantes et dans des régions aériennes où la température devient très basse ; cet effet est encore favorisé par le fait que les couches d'air se dilatent en montant dans des portions où la pression est moindre.

Il résulte de l'observation directe qu'en moyenne il suffit de s'élever de 200 mètres pour que la température descende de trois degrés centigrades ; quel froid intense ne faut-il donc pas supposer dans des masses d'air soulevées à plusieurs kilomètres de hauteur ? La vapeur d'eau entraînée avec elles doit par conséquent avoir une forte tendance à se condenser ; aussi voit-on souvent des brouillards demeurer suspendus pendant des heures et même pendant des jours : fréquemment aussi les brouillards se résolvent en pluie. Mais nous ne pouvons pas oublier qu'à une hauteur considérable, la vapeur qui vient de se condenser est soumise à des courants gazeux fort éloignés de leur point de saturation et capables de

produire rapidement l'évaporation des gouttelettes déjà formées.

Faut-il citer ici un curieux exemple de la puissance d'évaporation qui règne dans les hautes régions ? Toutes les personnes qui ont séjourné pendant quelque temps dans une station assez élevée des Alpes par exemple, ont pu constater combien les vêtements, les chaussures, le tabac, etc., se dessèchent vite, au point de rendre leur emploi difficile sinon impossible. Cela provient de ce que, à des altitudes de 2, 3, 4 kilomètres, l'air est non seulement peu comprimé, mais encore fort loin d'être saturé de vapeur ; il est par conséquent prêt à enlever de l'humidité à tous les corps qui y sont plongés. Pour les préserver contre la dessiccation il faut les renfermer dans des boîtes bouchées hermétiquement, ou bien les enduire d'une couche graisseuse qui empêche l'évaporation.

Mais ici se présente une question fort intéressante, celle de savoir comment se comporte l'air chargé de vapeur quand il est entraîné par un vent violent contre un grand obstacle, par exemple contre une chaîne de montagnes. Au fur et à mesure que les masses gazeuses viennent choquer les flancs de ces dernières, elles se compriment et s'échauffent. Comment pourra s'opérer la détente ? Par le bas ? Oh non ! Car c'est là que la compression est la plus forte. C'est donc en montant le long des pentes que l'air se détend et conséquemment se refroidit de plus en plus ; c'est ainsi que naissent les brumes, les brouillards, les nuages se résolvant en pluie et même les amas de neige. Cette idée exprimée d'abord, pensons-nous, par le physicien français Babinet, se trouve vérifiée par une expérience directe qui nous paraît aussi curieuse que décisive.

Dans les mines de Schemnitz en Hongrie, il y a un réservoir où l'air humide est fortement comprimé par le poids d'une colonne d'eau de plus de 150 mètres de hauteur ; au sortir du robinet qui lui donne issue, le gaz débarrassé de la pression énorme qui s'exerçait sur lui, se

dilate tout à coup avec un sifflement fort intense. Près de l'orifice, le jet est encore transparent et invisible ; un peu plus loin, il s'est dilaté davantage et refroidi ; il paraît déjà brumeux ; plus loin, il s'est refroidi plus encore, et montre un nuage se résolvant en pluie ; enfin, quand il a effectué toute son expansion, il laisse échapper de la neige et de la glace qui s'attache aux corps qu'on lui présente.

Des phénomènes aussi frappants nous font comprendre aisément la production des pluies diluviennes et des tempêtes de neige ; ce sont sans doute les effets grandioses de la détente et du refroidissement d'énormes masses d'air humide en mouvement et gênées dans leur marche. N'est-ce pas un fait vraiment remarquable que cette puissance assignée à nos particules d'air, de provoquer sans cesse l'ascension de quantités incalculables de vapeur provenant d'un liquide 770 fois plus pesant, et d'amasser ainsi dans l'atmosphère des provisions incessamment renouvelées, à mesure qu'elles ont servi à l'arrosement du globe ? Mais, nous le savons, l'esprit humain finit par n'être plus frappé par des merveilles qui se reproduisent constamment.

Nous avons dit plus haut que la température décroît en général à mesure que la hauteur augmente ; toutefois, cette assertion n'est pas rigoureusement exacte, surtout quand il s'agit de régions fort élevées. En effet, M. Assmann, directeur de l'Observatoire aéronautique de Potsdam, a publié récemment un rapport sur une ascension de cerfs-volants faite le 6 décembre 1902, et au cours de laquelle les enregistreurs météorologiques sont parvenus jusqu'à près de 5500 mètres de hauteur. On constata que le courant d'est qui soufflait près du sol avec une vitesse de $2^{m},5$ à la seconde, atteignait une vitesse de 15 à 20 mètres à l'altitude d'un kilomètre et devenait tempétueux au delà.

Six cerfs-volants furent successivement attachés à un même fil métallique de 10 kilomètres de longueur. A l'alti-

tude maxima de 5475 mètres, l'humidité relative était nulle. Alors qu'à terre régnait une température de —14°,7, les appareils traversèrent des couches disposées comme suit : vers 1200 mètres il y avait —8°, vers 2500 m., —10°, au delà jusqu'à 3000 m., la baisse était lente jusqu'à —15°, puis elle était rapide jusqu'à —17°,7 à la hauteur extrême atteinte par les cerfs-volants.

M. Assmann attribue les froids intenses et précoces de l'entrée de l'hiver passé à ce puissant courant remarquablement sec, ainsi qu'à l'existence de la couche intermédiaire plus chaude et épaisse de 3 à 4 kilomètres. La première cause surtout devait empêcher la formation de nuages et de précipitations, et conséquemment aussi la naissance de l'immense rideau nébuleux qui s'oppose au refroidissement continu du sol.

A cet égard, signalons un fait observé à Gand au commencement du mois de décembre 1902 ; depuis plusieurs jours un vent violent avait soufflé du nord-est ; la température s'était graduellement abaissée jusqu'à 10° au-dessous de zéro ; l'eau qui avait imbibé le sol s'était congelée ; les étangs et même les cours d'eau étaient recouverts d'une épaisse couche de glace ; les branches des arbres offraient un spectacle des plus pittoresques, grâce au givre qui y était attaché ; la navigation était interrompue ; les voitures roulaient avec fracas en faisant vibrer les pavés des rues et les tabliers des ponts. Mais un soir, la bise avait retenu son haleine glaciale ; une brume légère apparut vers l'ouest ; le lendemain celle-ci s'était transformée en un brouillard épais, qui s'était propagé de toutes parts et qui a régné pendant deux jours ; le ciel paraissait recouvert d'un sombre manteau qui arrêtait complètement les rayons du soleil. Sans la moindre chute de pluie, la température était montée au-dessus de zéro, toutes les rues étaient dégelées, et la glace recouvrant les cours d'eau était déjà fort amincie.

Comment expliquer une suite d'effets aussi singuliers ?

Mais, nous dira-t-on, pareille succession n'est-elle pas toute naturelle, et ne suffit-il pas de dire tout simplement : après une forte gelée, le dégel, absolument comme on dit : après l'orage, le beau temps ? Assurément, cela suffit, si nous nous bornons à imiter les indifférents qui ne s'inquiètent pas plus du lever que du coucher du soleil ou de la lune ; mais n'est-il pas préférable de lever la tête et de porter nos regards vers le ciel, suivant la prescription si bien exprimée par les deux vers latins :

> Os homini sublime dedit, cœlumque tueri
> Jussit, et oculos ad sidera tollere vultus.

Tâchons donc de dépeindre brièvement les exploits de os petites alliées. Poussées par le vent du nord-est, et peu chargées de vapeur d'eau, les colonnes aériennes sont lancées contre le sol et contre la surface des eaux ; elles enlèvent ainsi des couches superficielles extrêmement minces tant des solides que des liquides ; or, comme nous l'avons déjà vu dans la deuxième partie, chaque couche enlevée est aussitôt remplacée par une autre, laquelle est constituée de la même manière ; mais cette substitution exige un travail intérieur du solide ou du liquide, travail qui ne peut s'exécuter qu'aux dépens d'une certaine quantité de chaleur du corps en question.

Quand le vent est assez fort, ce renouvellement s'opère d'une façon continue ; de là, même abstraction faite du froid apporté par l'air, un refroidissement assez intense pour durcir le sol et amener bientôt l'eau des rivières à la température de 4° ; dès ce moment, les couches liquides refroidies encore davantage ne descendent plus au fond, et finissent par se congeler. Si le vent se maintient, c'est alors la glace elle-même qui est constamment rasée et prend des températures de plus en plus basses.

On le voit, les particules d'air travaillent en vraies mathématiciennes : dans un temps très court, en une fraction de seconde, chaque file de particules en mouvement

produit un abaissement très petit aussi de température; mais les effets minuscules se succédant les uns aux autres et cela pendant des journées entières comme dans le cas actuel, l'intégrale résultante, nous voulons dire la chute thermométrique totale, devient suffisante pour durcir fortement la terre ou un corps mouillé quelconque, et pour congeler bien des mètres cubes d'eau. Voilà les importants travaux effectués par nos particules d'air pendant la période de froid rappelée plus haut.

Voyons actuellement le rôle joué par les particules de vapeur pendant la période de dégel. Si le vent sec du nord-est a cessé de souffler, c'est sans doute parce qu'il a été arrêté par des couches aériennes venant du sud-ouest; mais ces dernières sont généralement chargées d'humidité. Dès le premier choc des deux armées marchant en sens contraires, la vapeur invisible n'a pu résister au froid des couches antagonistes; bientôt il s'est formé à l'horizon et vers le sud-ouest, un voile de moins en moins diaphane; c'est que la vapeur se condensait de plus en plus. Mais n'oublions pas que, s'il faut une certaine quantité de chaleur pour que l'eau devienne de la vapeur, celle-ci ne peut reprendre l'état liquide sans dégager de la chaleur; voilà pourquoi l'air chargé de brouillard s'est échauffé graduellement jusqu'à zéro. Nos légions de particules de vapeur ont fait plus encore : ouvrières invisibles, elles se sont déposées et condensées, en nombre incalculable, sur les couches de glace recouvrant la terre et les eaux. Voilà comment s'est produit, sans l'action directe de la pluie, le dégel total du sol, ainsi que le dégel partiel des couches de glace des étangs et des rivières.

N'est-ce pas un exemple remarquable de la puissance de nos petites voyageuses? Sans doute, pris isolément, leurs efforts sont insensibles; mais par leur incroyable multiplicité et par leur succession parfois si rapide et si longtemps prolongée, ils produisent des effets qui défient notre imagination. Beaucoup d'analystes ne se doutent guère, peut-

être, qu'en intégrant leurs équations différentielles, ils imitent dans leurs savants calculs ce que nos humbles alliées effectuent en réalité de la façon la plus discrète. C'est une preuve entre mille autres de la grande vérité de cette belle assertion de Platon

Ἀεὶ ὁ Θεὸς γεωμετρεῖ,

c'est-à-dire que l'Être suprême « géométrise » constamment dans la nature.

Comme nous l'avons vu, l'atmosphère peut contenir des quantités extrêmement grandes de vapeur invisible ; le fait est très facile à comprendre ; mais comment nous rendre compte de la suspension des brouillards et des nuages ? D'après une opinion fort ancienne, admise par beaucoup d'observateurs, mais vivement combattue par d'autres physiciens, les particules visibles du brouillard sont constituées par des enveloppes aqueuses renfermant de l'air raréfié ou un autre fluide très subtil et fort léger.

Cette idée a été défendue par Halley ; Leibniz a même calculé l'épaisseur des pellicules contenant de l'air dix fois plus léger que l'air atmosphérique et susceptibles de se mouvoir sans tomber. Musschenbroeck déclare que les vésicules devraient contenir une matière ignée ou tout au moins mille fois plus légère que l'eau, ou peut-être même le vide ; mais alors, dit-il à bon droit, l'air extérieur devrait les comprimer. C'est pourquoi l'hypothèse des vésicules lui paraît fort sujette à caution ; il est porté à attribuer le phénomène plutôt à un mouvement de rotation des molécules, ou même à regarder l'électricité comme cause de la suspension des nuages.

Pour Désaguliers aussi, c'est à un feu interne ou à l'électricité qu'il faut attribuer l'ascension des gouttelettes.

Euler va jusqu'à invoquer la présence de l'éther en mouvement pour expliquer la facilité avec laquelle se déplacent les brouillards.

Vers le milieu du XVIIIe siècle, la question préoccupait

assez les esprits en France pour que l'Académie de Bordeaux mît la question au concours ; pour Kratzenstein, l'un des concurrents, l'élévation des vapeurs visibles est due à ce qu'elles sont constituées par des vésicules contenant une matière ignée très légère ; l'autre, nommé Hamberger, distingue la vapeur visible et les brouillards suivant les dimensions plus ou moins grandes des particules dont il attribue l'ascension à une matière ignée et à l'adhésion de l'air ; plus tard le même auteur a simplement admis que les particules aqueuses sont dissoutes dans l'air. Cette dernière explication a trouvé dans la suite beaucoup d'adhérents.

Young ne se prononce pas formellement : selon lui, l'ascension des brouillards et des nuages est due à une cause spéciale.

On le voit, le problème de la constitution des brouillards et des nuages a reçu des solutions très variées, mais bien vagues ; à cet égard, il est permis de dire :

Multi multa, omnes aliquid, nemo satis :

en d'autres termes, beaucoup de savants ont émis bien des idées, tous ont exprimé une opinion, mais personne n'en a dit assez pour entraîner notre conviction.

Tâchons de répandre quelque lumière sur ce sujet si longtemps controversé. A cet effet, nous allons appliquer une loi qui montre nettement l'impossibilité théorique de la vapeur vésiculaire ; puis nous citerons deux faits précis qui nous semblent décisifs.

Et d'abord, supposons, pour un moment, que dans un brouillard il puisse se former une vésicule aqueuse extrêmement petite et renfermant un gaz quelconque ; sera-t-elle stable ? Examinons : évidemment la mince enveloppe liquide sera soumise à la pression de l'air extérieur, mais, chose curieuse que les anciens physiciens ne soupçonnaient même pas, la vésicule même exercera sur le gaz intérieur une pression mesurée par Joseph Plateau et par Dupré de

Rennes, et d'autant plus grande que l'enveloppe sphérique est plus petite. Si, par exemple, nous appliquons la loi théorique à une vésicule de $1/20^{mm}$ de diamètre (les brouillards en renferment de plus minimes encore), nous trouverons que, par millimètre carré, la pression capillaire serait de 1200 milligrammes, c'est-à-dire de plus du dixième de la pression atmosphérique, au niveau de la mer. Pressé aussi fortement, le gaz intérieur tendra à se dissoudre dans l'eau de l'enveloppe ou même à traverser celle-ci; mais alors la pression exercée par la sphérule croîtra de plus en plus jusqu'à la disparition complète du gaz.

Rappelons actuellement deux expériences qui vont nous renseigner directement sur l'existence réelle des vésicules dans les brouillards et dans les nuages.

En 1871, Joseph Plateau recourut au procédé de son excellent confrère et ami François Duprez pour suspendre de l'eau dans un tube en verre de 13 à 15 millimètres de diamètre intérieur et dont l'orifice est tourné en bas. Au-dessous de la surface libre se trouve un vase contenant de l'eau bouillante d'où s'élève incessamment un courant de vapeur visible; on a soin d'essuyer la paroi extérieure du tube. Dans ces conditions, jamais le liquide suspendu ne perd sa transparence parfaite, malgré la multitude de sphérules de vapeur qui traversent la surface inférieure libre. N'est-ce pas une preuve frappante que la vapeur dégagée ne contient pas de sphérules remplies d'air et qu'elle est bien formée de globules pleins?

Enfin voici une expérience où la constitution des prétendues vésicules des brouillards a été prise sur le fait : récemment le savant météorologiste Assmann déjà cité a observé sous le microscope la congélation des gouttelettes liquides des brouillards; et qu'a-t-il constaté? Toujours, il a pu contempler de petites perles de glace parfaitement compactes sans variation appréciable de grandeur et sans aucune apparence d'un espace central contenant de l'air.

Après les considérations qui précèdent, la question de

la vapeur vésiculaire nous paraît définitivement résolue ; elle le serait sans doute si, même dans les sciences d'observation, il n'était pas si difficile d'extirper une opinion fausse et si, de peur de céder à une autorité aussi imposante que l'expérience directe, chacun ne se complaisait dans ses propres idées.

Quoi qu'il en soit, nous voici devant une difficulté très sérieuse et que nous n'hésitons pas à signaler nettement : les brouillards et les nuages sont formés non par des vésicules, mais par des globules pleins, c'est entendu ; dès lors, comment concevoir la suspension plus ou moins prolongée de ces globules dont chacun pèse de 700 à 800 fois autant que le volume d'air déplacé par lui ?

Au lieu de proposer une explication plus ou moins vague et nébuleuse elle-même, rappelons plutôt quelques faits très simples et très propres à nous familiariser avec la manière d'être des brouillards et des nuages.

Qui ne sait, par exemple, qu'en hiver notre haleine, en arrivant à l'air libre, détermine un voile formé d'une infinité de sphérules d'une ténuité extrême ? Qui n'a pas constaté que, même par un froid assez vif, ces sphérules disparaissent comme par enchantement ?

Autre exemple : n'avons-nous pas observé bien souvent le panache de vapeur condensée qui sort de la cheminée d'une locomotive en marche ? Hé bien ! nous avons toujours pu voir alors que, même par un temps brumeux, un très grand nombre de gouttelettes s'évanouissent avant de tomber sur le sol.

Faut-il citer encore d'autres faits du même genre ? Ils nous feraient reconnaître toujours deux caractères bien frappants, savoir l'apparition brusque des globules plus ou moins gros, et leur disparition relativement soudaine.

Mais pourquoi le brouillard est-il toujours constitué par des myriades de sphérules ? Tout simplement parce que dans l'atmosphère il y a beaucoup plus d'air que de vapeur d'eau, et qu'en outre il faut un volume très considérable

de vapeur invisible pour se transformer par sa condensation en une toute petite masse liquide, dont le volume est environ 1600 fois moindre. Mais alors cette masse infime prend aussitôt la forme sphérique ; car les attractions moléculaires y développent, nous l'avons vu, une force élastique plus grande à l'intérieur qu'à la surface libre : ainsi naît une tension qui façonne comme par magie une sphérule extrêmement ténue.

Mais cette forme globulaire est-elle stable dans toutes ses parties ? Bien loin de là ! Car l'excès de force élastique intérieure produit un véritable mouvement vibratoire des particules liquides ; comme celles de la couche superficielle vont en s'écartant de plus en plus entre elles vers l'extérieur, il en résulte une évaporation d'autant plus rapide que la sphérule est plus petite et que l'espace ambiant est moins saturé de vapeur. N'est-ce pas ainsi que nous pouvons expliquer la disparition si prompte du voile nébuleux produit par notre haleine et du panache de vapeur condensée rappelé plus haut ?

Actuellement, nous sommes en mesure de nous faire une idée de ce qui se passe dans l'atmosphère après la condensation d'une grande quantité de vapeur invisible : il se forme aussitôt une infinité de sphérules liquides, après quoi la couche superficielle de chacune d'elles commence à s'évaporer et ne tarde pas à être remplacée par une autre qui s'évanouit à son tour, et ainsi de suite ; car à des hauteurs de 1000, 2000, 3000 mètres, la pression de l'air qui ralentit l'évaporation d'un liquide quelconque, est bien moindre qu'au niveau de la mer ; d'ailleurs, même si l'espace ambiant était près d'être saturé, l'évaporation n'en continuerait pas moins, sauf à donner lieu à des condensations nouvelles ; de cette manière, chaque globule est constamment entouré d'une enveloppe de vapeur invisible qui remplit à son égard l'office d'un véritable parachute.

Mais ces sphérules liquides pourront-elles subir impunément la rigueur du froid qui règne autour d'elles, et ne

risquent-elles pas de se congeler? Nous savons en effet que si le décroissement de la température était régulier quand la hauteur augmente graduellement, toutes les couches d'air comprises entre 1 et 2 kilomètres d'altitude seraient probablement toujours à des températures inférieures à zéro. La réponse à cette question intéressante nous a été fournie par l'application de la thermodynamique aux variations de surface des liquides : nous avons trouvé, en 1876, que si nous imaginons d'une part une sphère d'eau pesant 1 kilogr. et de l'autre une série très nombreuse de sphérules d'eau dont l'ensemble a le même poids, il faut enlever beaucoup plus de chaleur pour abaisser de 1° la température des sphérules que pour diminuer d'autant celle de la sphère unique ; la différence est d'autant plus prononcée que les globules sont plus nombreux et conséquemment plus petits. Voilà sans doute pourquoi Saussure et Fournet ont pu constater que les gouttelettes très fines formant les nuages et les brouillards peuvent flotter sans se solidifier dans des couches d'air très froides. La solidification ne s'opère qu'à des altitudes considérables en formant alors des cirrus.

D'après ces considérations, qu'est-ce donc qu'un nuage, sinon le théâtre d'une suite continue de condensations et de réductions en vapeur ? Les dernières ou bien font disparaître les globules condensés, ou bien développent sans cesse autour des sphérules des coussins gazeux très légers, et très souvent capables d'empêcher leur chute sous forme de pluie.

Rien de plus facile que de se convaincre de l'activité fébrile de nos particules : il suffit de regarder un nuage pendant quelques minutes ; en distinguez-vous les bords plus ou moins irréguliers ? Hé bien ! avec un peu de patience, vous les verrez se transformer sans cesse, et dessiner parfois les figures les plus fantastiques. S'il y a une petite nuée qui s'en détache, suivez-la du regard ; en général, vous ne tarderez point à la voir disparaître.

Nous venons de parler de la suspension prolongée plus ou moins longtemps des brouillards et des nuages ; mais d'où viennent ces amas de poussières très fines qui flottent partout et toujours dans l'atmosphère et qui pourtant ont été détachées de corps solides bien plus denses encore que l'eau ? Pourquoi ne pouvons-nous pas nous fier pleinement à l'exactitude de cet ancien adage :

Quid levius plumâ ? Pulvis. Quid pulvere ? Ventus,

quoi de plus léger qu'une plume ? La poussière. Que la poussière ? Le vent ou l'air en mouvement.

Faut-il décrire ici les déplacements perpétuels des légions de corpuscules au milieu desquels nous allons, nous venons, nous vivons sans cesse ? Impossible de les dépeindre plus élégamment que ne l'a fait l'éminent académicien Edmond Rostand, dans sa jolie poésie intitulée *Le Bal des Atomes*. Qu'il nous soit permis d'en reproduire ici la partie qui se rapporte à notre sujet :

Un rayon d'or qui se faufile
Aux interstices des volets,
Fait danser une longue file
De petits atomes follets.

C'est une poussière vivante
Qui monte, monte incessamment
Puis redescend, toujours mouvante
Dans un éternel tournoiement.

Elle tourbillonne et s'envole
Comme un peuple de moucherons,
Au soleil elle farandole
Et fait des fugues et des ronds.

Et tels d'imperceptibles gnomes,
De microscopiques lutins,
Ils valsent, les petits atomes
Dans les rayons d'or des matins.

Sans cesse, dans cette traînée
De clair soleil éblouissant,
Leur troupe folle est entraînée,
Elle remonte et redescend.

Ils dansent, dans l'or de la bande
Qui tombe, oblique, des volets,
Une furtive sarabande
Et de silencieux ballets.

Pourquoi donc tournent-ils si vite ?
Dans chaque fin rayon vermeil
Est-ce un bal auquel les invite
A venir danser, le soleil ?

Pourquoi font-ils cette poussière ?
Ces atomes n'existent-ils
Que dans les filets de lumière
Qu'ils peuplent de leurs grains subtils ?

Non Ces drôles de petits êtres
Que l'on distingue seulement
A travers le jour des fenêtres,
Font partout leur fourmillement.

Et tout autour de nous, dans l'ombre,
Ces riens, sans que nous le croyions,
Gambillent, en aussi grand nombre
Que là, dans l'or de ces rayons.

Ils vont, viennent. Mais d'habitude,
On ne peut les apercevoir ;
L'air s'emplit de leur multitude ;
On les respire sans les voir.

Leur existence qu'on ignore
Ne se révèle brusquement,
Que lorsqu'un rai de soleil dore
Leur humble poussière, en passant.

Sans doute, le tableau poétique des mille et mille évolutions de nos parcelles solides est charmant ; mais est-il fidèle et conforme à la réalité ? Assurément ; en effet, rappelons-nous qu'à l'exemple du grain de sable dont nous avons parlé dans la première partie, tous les corps solides sont recouverts d'une gaine formée par des particules de plus en plus espacées entre elles jusqu'à la surface limite où les distances intermoléculaires sont le plus marquées.

S'il en est ainsi, on comprend combien une enveloppe si fragile est exposée à perdre une portion de ses particules constituantes, soit spontanément comme c'est le cas pour le camphre, le musc, les corps odorants en général, soit par des chocs ou même par de simples frottements ; cela est si vrai que si l'on pèse un long tube de verre très propre et sec, puis qu'on le frotte sur toute la surface avec de la laine, il n'a plus le même poids que d'abord.

Il suit de là que, dans une enceinte quelconque, il s'élève ou se déplace un nombre incroyable de parcelles solides minuscules, chaque fois qu'une personne s'assied, s'appuie contre un meuble et s'en détache ensuite, ouvre ou ferme un livre, ou bien fait un pas, remue un bras ou même caresse sa barbe ou son menton ; car de nos vêtements, de nos meubles, de nos livres, de notre corps se détachent au moindre contact, des particules très légères et plus ou moins nombreuses ; or chaque fragment solide, quelque minime qu'il soit, est immédiatement entouré d'une couche d'air qui demeure adhérente au noyau minuscule ; dès lors, il suffit du moindre déplacement du milieu gazeux où se trouve la particule solide pour que celle-ci soit entraînée. Et qu'on ne s'imagine pas que de pareils déplacements n'ont pas lieu dans une enceinte fermée et inoccupée ; car il est impossible que la température y demeure partout la même;

de là des courants d'air très faibles sans doute, mais plus que suffisants pour faire monter les poussières du plancher ou du tapis.

A ceux qui souhaiteraient que nos appartements fussent absolument débarrassés de toutes les poussières, nous pouvons répondre que si leur vœu était réalisé, nous ne jouirions plus de la clarté qui nous est à la fois si utile et si agréable ; car ce sont les petites particules solides qui reflètent la lumière suivant toutes les directions, et cela aussi bien dans nos demeures que dans l'épaisse couche atmosphérique où fourmillent les poussières jusqu'à 5 kilomètres au moins de hauteur. N'est-ce pas un service immense rendu par des êtres minuscules voués ordinairement à notre profond mépris ?

On conçoit sans peine qu'à l'air libre, où s'élèvent tant de débris variés, où se déversent si souvent des torrents de fumée, et où éclatent fréquemment de redoutables éruptions volcaniques, les légions de parcelles solides de toute espèce sont vraiment innombrables. Toutefois nous ne voulons pas passer sous silence une source bien curieuse de grains de poussière, source dont la puissance est pour ainsi dire illimitée : par le choc ou le déferlement des vagues de la mer, il s'en détache constamment une poussière liquide dont chaque sphérule renferme en solution une ou plusieurs particules impalpables de sel marin ; en raison de leur excessive convexité, ces sphérules s'évaporent très rapidement et abandonnent alors au gré des vents les parcelles salines qui s'y trouvaient dissoutes ; c'est pour ce motif, sans doute, que le spectroscope révèle partout et toujours la présence du sel marin.

Mais n'avons-nous pas à redouter que les particules solides soulevées sans cesse dans l'atmosphère ne finissent par obscurcir la clarté du jour ? Heureusement non ; car un très grand nombre de parcelles redescendent d'elles-mêmes sur le sol ; quant à celles qui s'élèvent à de grandes hauteurs, elles y vont jouer un rôle des plus importants,

celui d'attirer la vapeur d'eau, d'en faciliter la condensation et par conséquent la formation des nuages ; en réalité, chaque sphérule d'un brouillard, si minime soit-elle, chaque gouttelette d'un nuage contient au moins une particule solide. Fréquemment, il est vrai, ces brumes, ces nuages s'évanouissent grâce à l'évaporation si prompte des enveloppes liquides ; mais bien souvent aussi, parfois même trop souvent à notre gré, les quantités de vapeurs condensées dans les couches où se superposent les nuages sont tellement grandes, que la suspension d'aussi énormes masses solides et liquides devient impossible ; c'est assez dire que la pluie, la grêle et surtout la neige avec les mille et mille cavités de ses cristaux opèrent parfaitement le nettoyage et la purification de l'atmosphère.

Nous rencontrons ici le grand cycle météorologiqne dont les phases principales sont, d'une part, l'ascension des particules solides et de la vapeur d'eau dans l'atmosphère, de l'autre le retour de tout ce monde invisible transformé et façonné en brouillards, en pluie, en givre, en neige, en grêle et peut-être même, qui sait ? en globes de feu. Le cadre de cet article ne comporte pas la description des nombreuses manifestations calorifiques ou électriques qui se rattachent à ce cycle grandiose. C'est pourquoi nous terminons ici le troisième et dernier chapitre de notre étude.

En prenant congé de nos travailleuses ultra-microscopiques, nous ne pouvons nous empêcher d'exprimer notre vive admiration pour les effets prodigieux réalisés par elles ; car, pour nous, c'est dans leurs merveilleux exploits qu'éclate le plus clairement la toute-puissance du Créateur.

G. Van der Mensbrugghe.

ALPHONSE PROOST

Le 24 mai dernier, les élèves, les amis, les collègues de M. Alphonse Proost, directeur général de l'Agriculture, professeur à l'Université de Louvain, répondant à l'invitation de l'Association des anciens étudiants de l'Institut agronomique de cette Université, se sont réunis à la salle des fêtes du Boerenbond à Louvain pour offrir solennellement son buste en bronze au savant et dévoué promoteur des études agronomiques en Belgique, au maître vénéré, qui venait d'achever la vingt-cinquième année de son professorat.

M. le baron de Moreau d'Andoy, ancien ministre de l'Agriculture, présidait la cérémonie et y prit le premier la parole. Rappelant une page d'histoire qu'il a lui-même vécue, il trace de main de maître le tableau des progrès accomplis par l'agriculture belge depuis 1884, et met en lumière la part considérable qu'y a prise M. Proost, l'organisateur de l'enseignement agricole dans notre pays.

M. le vicomte Georges Vilain XIIII, apporte au jubilaire l'hommage de la reconnaissance de ses anciens élèves, et rappelle à grands traits la carrière si féconde du héros de la fête.

M. Albert Henry, secrétaire de la Société centrale d'Agriculture, donne lecture d'un discours de M. L. de Bruyn, ancien ministre de l'Agriculture, empêché d'assister à la réunion par le mauvais état de sa santé.

M. Proost se lève, au milieu des acclamations de l'assemblée. Il remercie les organisateurs de cette belle

manifestation, les autorités académiques, ses amis, ses collègues, ses collaborateurs, ses anciens élèves. Il s'efforce de reporter sur ses chefs, sur les ministres de l'Agriculture, l'honneur et le mérite des progrès dont on a marqué tantôt, en d'éloquentes statistiques, l'étendue et la solidité. Il rappelle les difficultés vaincues au début et au cours de ces années de création et d'organisation des services techniques, des œuvres coopératives, de l'enseignement surtout, à tous les degrés et dans toutes les branches de la science agricole.

« Honneur, dit-il en terminant, à M. le baron de Moreau et à ses successeurs, car ils ont eu foi dans la science et surtout dans l'union de la science et de la foi, qui peut seule conjurer le péril social actuel, en multipliant ces associations si fécondes et si vivaces dont vous avez été les promoteurs ; associations qui ont sauvé nos campagnes de la misère et de la ruine et paralysent la propagande de l'anarchie, non seulement en accroissant sans cesse le nombre des petits propriétaires, en développant le bien-être des classes rurales, mais en les préservant de la contagion de ces doctrines subversives qui, au lieu d'élever l'âme du paysan au-dessus de la glèbe, tendent à le replonger *dans le plus grossier matérialisme*.

» Chers étudiants, permettez-moi, en finissant, de vous donner un conseil, fruit d'une expérience laborieusement acquise. Ne cherchez pas le bonheur dans les vains mirages que la génération moderne, imprégnée de sensualisme, poursuit avec tant d'âpreté.

» Le poète latin l'a dit, il y a de longs siècles : *Heureux l'homme des champs qui connaît son bonheur*.

» C'est aujourd'hui surtout que cette pensée, banale en apparence, apparaît au regard du philosophe comme une vérité saisissante.

» Croyez-en les anciens : les plus heureux ne sont pas dans les villes ; n'imitez pas ces malheureux qui se ruent à l'assaut des carrières administratives en abdiquant trop souvent leur liberté et leur personnalité pour un peu d'or.

Ceux-là seuls sont vraiment heureux qui savent modérer leurs appétits et leurs désirs, aimer la vie simple, la vie de famille, pour s'adonner à l'étude la plus captivante qui soit au monde, l'étude de la nature, la contemplation des merveilles de la création, du prodigieux spectacle de l'univers. Les profanes ignoreront toujours les joies élevées et durables que goûte l'homme qui lutte en connaissance de cause avec les éléments et qui pénètre chaque jour davantage les secrets du plan divin.

» Heureux celui qui peut s'adonner corps et âme à cet art sublime qui a métamorphosé la surface du globe et transformé complètement nos conditions d'existence en moins d'un siècle. Combien les jouissances et les ambitions mondaines paraissent mesquines à celui qui, après avoir soumis son esprit à la discipline sévère des sciences exactes et des sciences d'observation, peut connaître, admirer et diriger la marche des rouages qui nous font mouvoir et nous font souffrir parce que nous ignorons leur mécanisme ! »

M. le professeur Leplae, l'un des vice-présidents de la commission organisatrice, donne ensuite lecture des nombreux télégrammes reçus depuis le matin. Puis les assistants se pressent autour du jubilaire pour lui serrer la main et lui offrir encore une fois l'hommage cordial de leurs félicitations.

Nous sommes heureux de pouvoir associer la Revue à ces témoignages d'admiration et de reconnaissance, en reproduisant le discours de M. le vicomte Georges Vilain XIIII. Il dira à nos lecteurs ce que fut, ce qu'est et ce que sera longtemps encore, nous le souhaitons, la vie si noblement et si utilement remplie du savant chrétien, du travailleur opiniâtre que la *Société scientifique* a l'honneur de compter parmi ses principaux fondateurs et ses anciens présidents, et qui n'a cessé de collaborer à ses Annales et à sa Revue.

Discours de M. le vicomte Georges Vilain XIIII

Messieurs,

Le 18 novembre 1888 est marqué dans l'histoire de l'Institut agronomique de Louvain par la célébration du dixième anniversaire de sa fondation ; c'est aussi le jour où élèves et amis de MM. Cartuyvels, De Marbaix et Proost, réunis à la salle des promotions, offrirent à leurs vénérés professeurs le témoignage de leur sympathique reconnaissance et de leur respectueuse estime.

Au lendemain des fêtes qui ont commémoré le XXVe anniversaire de cette même fondation, nous tenons à témoigner de nouveau à M. Proost, qui, pendant ces vingt-cinq années de professorat, n'a pas cessé de prodiguer à ses élèves les ressources inépuisables de son dévouement et de sa science, toute l'admiration et la reconnaissance que nous lui portons tous, car une grande part des progrès accomplis tant en agriculture qu'à l'Institut agronomique l'ont eu pour initiateur.

Permettez-moi, Messieurs, de retracer rapidement l'histoire de ce dévoué travailleur qui s'est consacré depuis trente ans à la prospérité de l'agriculture nationale.

Né à Bruxelles le 14 février 1847, M. Proost fit ses études latines à l'Institut Saint-Louis. Attiré jeune encore par l'étude de la nature et doué d'un remarquable esprit d'observation, il suivit, à l'Université de Bruxelles, la candidature et le doctorat en sciences.

Un éminent ami de sa famille, Mgr Laforet, Recteur magnifique de l'Université de Louvain, s'intéressa au jeune étudiant et l'encouragea dans ses études.

Sur son conseil, M. Proost se rendit à Louvain pour y continuer ses études de chimie et de biologie. Il travailla

pendant près de deux ans dans les laboratoires de MM. les professeurs Blas et De Walque et y acquit des connaissances précieuses qui devaient l'aider puissamment dans ses recherches ultérieures.

Jusqu'à ce moment les problèmes agricoles n'avaient pas encore attiré son attention : il voulait se consacrer aux sciences biologiques, vaste domaine qui le séduisait d'autant plus que de grands progrès et des théories nouvelles venaient de s'affirmer.

Ne se contentant pas des travaux de laboratoire, il suivit les travaux philosophiques et notamment ceux qui avaient trait aux doctrines matérialistes et spiritualistes.

Ce penchant vers la philosophie des sciences naturelles devait indirectement décider de sa carrière.

En 1871, M. Proost se rendit à Paris pour y suivre les conférences données par Claude Bernard à la Sorbonne. Claude Bernard fut son maître préféré : il lui donna la méthode, la facilité d'examen, la sincérité scientifique. Une des caractéristiques de ce grand savant était sa méthode et la noblesse avec laquelle il savait publiquement reconnaître ses erreurs. Le premier cours auquel M. Proost assista débutait par ces mots :

« Je vous ai enseigné l'an dernier, par rapport à la formation des sucres dans les organismes vivants, une théorie que je croyais fondée : je dois à la vérité de la détruire aujourd'hui et de vous avouer que je me suis trompé ».

Ces paroles prononcées par un maître dont la réputation était déjà universelle frappèrent profondément le futur professeur ; bien des fois il nous les a répétées pour inculquer à nos jeunes intelligences le respect de la vérité scientifique et la nécessité des recherches expérimentales.

C'est au cours d'un de ses voyages à Paris que M. Proost se rendit au Muséum pour y entendre les leçons de Georges Ville dont le nom retentissait dans toute l'Europe et qui venait d'être chargé d'un enseignement public.

Né en 1824 dans le midi de la France, Georges Ville était entré à 14 ans dans une grande pharmacie de Lyon : il s'éprit de son métier, voulut approfondir ses connaissances, se rendit à Paris et fut reçu premier au concours de l'internat en pharmacie. Devenu élève favori de Regnault au Collège de France, il crée son premier laboratoire de chimie rue de Vaugirard et y démontre la fixation directe de l'azote atmosphérique par les légumineuses.

Cette découverte lui fit entreprendre aussitôt des recherches plus étendues : il transporta son laboratoire rue de Grenelle et y institua ses fameuses cultures dans le sable calciné et le verre pilé.

C'était vers 1850 ; l'initiative hardie de ce jeune homme qui prétendait fabriquer du blé sans terre, à l'aide de simples procédés industriels, excita un engouement général dans le public parisien, mais déchaîna les foudres des partisans de la tradition et de la routine.

Comment ! ce petit étudiant en pharmacie se permettait non seulement de voler de ses propres ailes, mais encore d'en remontrer à ses maîtres ? C'était intolérable. Les polémiques les plus passionnées se déroulèrent dans tous les milieux adonnés aux sciences chimiques et biologiques, et finalement l'Académie des Sciences nomma une commission dont l'illustre Chevreul fut le rapporteur et qui soumit au contrôle le plus minutieux les expériences entreprises par l'audacieux novateur.

Le résultat de cette enquête fut un triomphe pour Georges Ville et, en 1860, l'empereur Napoléon III lui permit d'instituer à Vincennes un champ d'expériences parfaitement outillé. C'est là que fut démontrée, par une série d'expériences restées célèbres, la doctrine des engrais chimiques qui devaient révolutionner l'agriculture.

Depuis, bien des critiques ont été émises sur les conclusions des travaux de Georges Ville ; mais il n'en reste pas moins irréfutable que ces travaux furent le point de départ des méthodes culturales utilisées aujourd'hui par

l'agriculture de tous les pays civilisés. Chimiste et théoricien avant tout, Georges Ville s'était proposé de faire venir des végétaux sur un sol par lui-même stérile. Ce problème a été résolu, et les praticiens se sont immédiatement emparés de ces résultats pour les appliquer à l'agriculture.

Si nous nous étendons sur les démonstrations de Georges Ville, c'est que nous y trouvons l'origine des études agricoles entreprises par M. Proost.

Après avoir visité Vincennes et approché le professeur du Muséum, M. Proost devint un fervent adepte de la méthode nouvelle et, revenu en Belgique, il s'en fit le propagandiste le plus zélé.

C'est à cette époque que la Société centrale d'Agriculture perdit son secrétaire.

M. Léon t'Serstevens connaissait M. Proost depuis sa sortie de l'école; il avait suivi ses progrès et ses travaux, s'était spécialement intéressé aux résultats de ses voyages à Paris, et partageait avec lui son enthousiasme pour l'agriculture scientifique préconisée par Georges Ville.

Présenté à la Société par un membre aussi estimé que M. Léon t'Serstevens, M. Proost fut accueilli par tous et investi des fonctions de secrétaire. Depuis cette nomination, qui eut lieu en 1873, le travail de M. Proost fut uniquement dirigé vers le perfectionnement de l'agriculture. Il mit au service de son idéal sa grande facilité d'assimilation et l'élégance innée de sa plume, et il fut bientôt classé au premier rang des publicistes agricoles.

C'est principalement pour défendre l'application des théories de Georges Ville que M. Proost dut livrer bataille. De longues discussions se produisirent régulièrement pendant des années, non seulement avant mais encore après les conférences restées célèbres que Georges Ville vint donner à la Société centrale d'Agriculture.

Mais petit à petit la cause soutenue par M. Proost et ses amis triompha. La création des laboratoires agricoles

apporta au cultivateur la possibilité de contrôler à bon marché ces engrais chimiques dont il ne pouvait, par ses propres moyens, apprécier la qualité. Les polémiques sur Georges Ville et ses théories tombèrent en désuétude et peu à peu toutes les régions de la Belgique s'initièrent à l'usage des nouveaux engrais.

Plus l'agriculture avançait et plus on ressentait la nécessité de développer l'enseignement de l'agriculture non seulement au degré primaire et moyen, mais encore et surtout au degré supérieur.

C'est à la Société centrale d'Agriculture et plus tard à la Société scientifique que l'on réclama la création d'un enseignement agricole universitaire.

Nous n'avons plus à revenir sur les différentes phases qui amenèrent finalement la création de l'Institut agronomique de Louvain, mais nous avons à faire ressortir le rôle joué dans cette question par M. Proost.

Au moment où on réclamait en Belgique l'introduction de l'agriculture dans les universités, la France venait de fonder à Paris l'Institut national agronomique calqué à la fois sur l'institut éphémère de Versailles et sur la section agricole de l'École polytechnique de Zurich. Il comptait parmi ses professeurs des savants renommés, au premier rang desquels nous citerons Boussingault, Muntz, Schloesing, Lecouteux. Par son organisation même cet Institut semblait être le type de ce qu'on désirait établir en Belgique.

A diverses reprises M. Proost se rendit à Paris pour étudier les plans et projets du futur institut et notamment en 1878 avec M. Jules Cartuyvels, alors secrétaire de la Société des fabricants de sucre de Belgique.

Grâce à ces travaux, Mgr Namêche put, en 1878, ouvrir les portes de l'École d'agriculture de Louvain. M. Proost y fut attaché dès les débuts et chargé des cours de chimie agricole, d'hygiène et d'entomologie.

Peu après la reprise de l'École par l'Université, en 1884, M. Proost commençait au Jardin botanique de Louvain, avec le concours de son directeur, M. Giele, et à l'exemple de Georges Ville, ses fameuses cultures dans le sable.

Continuées en 1885 et 1886, exposées à Bruxelles et à Louvain, elles y provoquèrent le plus vif intérêt et fournirent notamment la démonstration expérimentale de la fixation de l'azote atmosphérique par certaines plantes, phénomène dont le mécanisme a fait plus tard l'objet de recherches nombreuses et compliquées et qui soulève aujourd'hui encore de multiples problèmes.

C'est à la suite de ces expériences que l'attention de M. Proost fut fixée sur le succès de certaines cultures sans restitution de potasse. Son collègue et ami M. De Marbaix entreprit, d'après ses indications, des cultures en champ qui confirmèrent pleinement les résultats des cultures en pots. Il était donc prouvé, par la pratique et les essais de laboratoire, que des sols où l'analyse ne décelait que de faibles traces de potasse étaient capables de porter d'abondantes récoltes de plantes riches en cet élément.

M. Proost fut ainsi amené à faire l'analyse des terres au moyen de dissolvants plus énergiques, et c'est alors que l'on constata que des sables campiniens estimés pauvres en potasse en contenaient en réalité des quantités très considérables. Ces résultats furent signalés par M. Proost dans ses cours et ses publications. Ils contredisaient la doctrine alors en vogue. Aussi ne fut-ce qu'après de longues discussions et bien des attaques que triompha cette théorie, universellement admise aujourd'hui.

En 1884 le ministère catholique résolut la création du département de l'Agriculture. MM. Cartuyvels et Proost furent successivement appelés à en faire partie.

Je n'entrerai pas dans les détails des innovations introduites par nos professeurs. Je constaterai seulement que

l'organisation de l'enseignement agricole fut l'œuvre de M. Proost et qu'elle a produit des résultats inestimables.

Il réorganisa le corps des agronomes de l'État et la multiplication des conférences. Il eut le bonheur de travailler sous les ordres d'esprits éminents qui furent prompts à comprendre tout le parti que l'agriculture pouvait retirer d'un enseignement professionnel complet. MM. les ministres baron de Moreau, de Bruyn et baron van der Bruggen ont été unanimes à favoriser ses efforts.

Il fonda les cours d'adultes, et en multiplia le nombre ; aussi dans le court espace de quinze ans l'économie rurale de notre pays subit-elle une transformation complète : les effets de la crise agricole s'atténuèrent et la prospérité reparut.

Toutes ces modifications ne furent pas obtenues sans de nombreuses difficultés. M. Proost eut à lutter contre l'indifférence et la défiance du public agricole. S'il en fut parfois péniblement affecté, il n'en continua pas moins à poursuivre la réalisation des réformes qu'il avait entreprises et la suite des événements a démontré irréfutablement combien il avait vu juste.

Au point de vue de l'enseignement supérieur agricole, les efforts de M. Proost tendirent au relèvement constant du niveau des études et à la spécialisation. C'est ainsi qu'il réussit à introduire à Louvain et à Gembloux la quatrième année d'étude : le nombre toujours croissant des inscriptions est un indice précieux de l'opportunité de cette réforme.

Si l'activité de M. Proost fut considérable dans le domaine agricole, elle ne le fut pas moins dans le domaine scientifique. Les sciences naturelles l'attiraient : aussi prit-il une grande part à la fondation de la Société scientifique qui poursuit la démonstration par le fait de sa devise : « Entre la foi et la raison, entre la religion et la science il ne peut y avoir de réel désaccord ». A plusieurs reprises il affirma ses principes catégoriquement catho-

liques, affirmation qu'il est réconfortant de rencontrer chez un homme de science, en ce siècle où les compromissions sont si fréquentes et si légèrement portées.

Dans ces dernières années M. Proost s'occupa de la réforme des systèmes d'enseignement. La plupart d'entre nous connaissent ses écrits sur la modernisation des humanités. L'éducation familiale fut aussi un des problèmes qu'il aborda non pas en pur théoricien, mais en philosophe pratique.

Messieurs, je me résume.

Je viens de vous esquisser les grandes lignes d'une vie féconde et chrétienne. Nous, ses admirateurs, ses amis, ses élèves nous avons tenu à apporter aujourd'hui à celui qui fit tant pour son pays l'hommage de notre admiration, de notre reconnaissance.

Nous nous réjouissons, M. le professeur, d'avoir provoqué cette manifestation touchante d'estime et d'affection.

Je vous offre ce bronze au nom de vos amis et de tous vos anciens élèves. Il vous rappellera l'affection que nous vous avons vouée et notre admiration pour vos multiples travaux.

LE SANG

Dans le tableau plein d'horreur et de charme où le divin Virgile nous a dépeint le carnage d'Ilion et le meurtre de Priam, je retrouve un trait fameux qui se rapporte au sujet qui va nous occuper. Et je le cite volontiers au début de cette étude aride et austère où la poésie sera bien rare, comme un promeneur cueille avec plaisir une fleur au bord du ruisseau parfumé au moment de gravir quelque sentier stérile et raboteux.

Le vieux roi va mourir : Hécube l'a forcé à se réfugier avec elle sous la vaine protection de l'autel des dieux troyens, d'où ils contemplent leur capitale envahie par le feu et le meurtre. A ce moment, Polite, un des fils de Priam, leur apparaît, fuyant vers eux au travers des ennemis sous la pluie des javelots. Il est blessé, il s'abrite en courant sous les longs portiques, il traverse les uns après les autres les *atria* déserts, il approche et Pyrrhus le poursuit en le frappant de cruelles blessures... Il arrive, mais il est à bout de forces ; Pyrrhus le touche presque de la main et le harcèle de sa lance. Enfin le voici, il est sous les yeux de ses parents, mais il s'abat devant eux, et *il laisse s'échapper la vie avec les flots de son sang.*

> ... Ante oculos evasit et ora parentum,
> Concidit, ac multo vitam cum sanguine fudit (1).

Cette image de la mort est fréquente chez Virgile ;

(1) *Æn* II, 532.

quelques vers plus loin Énée, dans son récit, dépeint ainsi la mort de Priam :

> ... Regem crudeli vulnere vidi
> Vitam exhalantem...

C'est du reste une croyance vieille comme le monde que *le sang est le principe de la vie*. Huit cents ans avant Virgile, le vieil Homère nous représente Ulysse, descendu sur les bords du Cocyte pour interroger l'ombre du devin Tyrésias : Ulysse, instruit des mystères de la mort par Circé, offre un sacrifice aux mânes des morts, et ceux-ci ne reprennent assez de vie pour reconnaître les vivants et leur parler qu'après avoir humé le sang des victimes ; à peine le sang a-t-il ruisselé, que les âmes de ceux qui ne sont plus accourent en foule, et toutes veulent en boire. Le sage Ulysse, effrayé de l'encombrement, pose son glaive à clous d'argent sur le ruisseau de sang, et ne laisse les pauvres morts tremper leurs lèvres à cette source de vie que l'un après l'autre et en bon ordre : « Sage Ulysse, supplie Tyrésias, détourne ton glaive tranchant, laisse-moi boire de ce sang, et je te parlerai en vérité... » Après Tyrésias, l'âme de la mère d'Ulysse prend sa part du breuvage et reconnaît son fils. Après elle, toutes les âmes boivent à leur tour et revivent (1)...

Longtemps encore avant Homère, cette idée se retrouve dans la législation mosaïque, qui défendait aux Hébreux de boire le sang des animaux : parce que, dit la traduction de la vulgate, « leur sang leur tient lieu d'âme » ; et la version grecque des Septante, plus fidèle au texte hébreu, est encore plus explicite : « leur sang *est* leur âme » (2).

Et dès l'origine même de l'histoire des hommes, lorsque le Créateur reproche au premier meurtrier d'avoir enlevé

(1) *Odyss.* Liv. XI.

(2) Sanguis enim eorum pro anima est ; — et les Septante : ὅτι αἷμα αὐτῶν ψυχή. (*Deut.* XII, 23).

la vie à son frère, il le fait dans cette prosopopée héroïque : « Qu'as-tu fait ! La voix du sang de ton frère crie vers moi de la terre ! (1) »

Lorsqu'une idée nous apparaît ainsi d'âge en âge profondément ancrée dans l'esprit humain, qu'elle passe dans toutes les langues, qu'elle entre dans l'imagination populaire comme elle vient à l'esprit du poète ou du législateur — fût-elle étrange — c'est qu'elle est vraie, ou qu'elle contient du moins quelque chose de vrai.

Et cependant l'idée dont nous parlons pouvait bien paraître étrange aux anciens philosophes qui réfléchissaient sur les mystères de la nature : bien des faits semblaient plutôt indiquer ailleurs que dans le sang le siège et comme la source de la vie. Combien de genres de mort, en effet, où le sang n'était ni répandu ni corrompu ? Pourquoi, par exemple, ne point imaginer que la vie résidait plutôt dans la tête, la partie noble et directrice de l'animal, dont une lésion même non sanglante entraînait la mort subite ?...

Et de fait, durant une certaine période, la science de la physiologie avait cru que ce rôle principal attribué au sang dans la vie devait être diminué pour céder le pas à l'élément nerveux. Mais une science plus avancée a de nouveau confirmé la vieille croyance des hommes : le sang est le principal agent matériel de la vie chez l'homme et chez les animaux supérieurs. Les quelques pages de cet article, où nous étudierons les dernières découvertes sur le sang, le montreront amplement.

Nous n'avons toutefois nullement l'intention de faire ici un Traité du sang. L'*hématologie* est devenue, depuis quelques années, une science si vaste que de gros volumes ne la contiennent plus ; et de plus, comme toute science en voie de progrès rapide, elle se montre en même temps

(1) *Gen.* IV, 10.

si incomplète, ouverte à tant de recherches à peine ébauchées, qu'un *Traité* du sang serait aujourd'hui encore un titre trop prétentieux même pour un ouvrage de longue haleine.

Nous nous contenterons fort modestement de donner une idée très élémentaire de l'anatomie du sang, — de tracer ensuite une vue d'ensemble de ses fonctions physiologiques, — enfin d'indiquer sommairement quelques-unes des modifications récemment étudiées dans le sang à l'état pathologique, et de montrer à ce propos l'importance inattendue que prendra d'ici à peu d'années l'analyse du sang dans le diagnostic des maladies.

I

ANATOMIE DU SANG

Le sang fraîchement issu du corps humain est un liquide opaque d'un rouge intense, tantôt foncé et comme sombre, tantôt d'une teinte plus riche et plus claire, suivant les circonstances physiologiques : il est clair quand il est oxydé, il est sombre quand il a subi la réduction au sens chimique du mot.

Je sais que rien n'est plus subjectif que les couleurs, mais je ne crois pas être seul à éprouver à la vue du sang oxydé l'impression que donne une substance d'une richesse, d'une opulence, d'une splendeur incomparables... J'imagine que c'est cette impression, difficile à traduire, qui a dicté les expressions assurément aussi curieuses que vulgaires de sang *riche*, sang *généreux*, sang *vermeil*... Mais les couleurs sont les dernières des choses dont on doive discuter.

Le sang est onctueux au toucher — je parle toujours, bien entendu, du sang frais — il coule d'une façon un peu huileuse. Il est remarquable que le sang, à la différence

de l'eau, de l'huile, de la plupart des liquides, *mouille* tout ou — pour parler d'une manière plus précise la langue des physiciens — qu'il a de l'*adhérence* pour tous les corps (1) : verre, métaux, résine, corps gras...

L'odeur du sang est faible, fade et *sui generis :* il n'est donc pas possible de la définir par comparaison pour celui qui ne l'a pas sentie. Son goût est à la fois fade et salé.

Il est à peine plns lourd que l'eau : sa densité est 1,05 en moyenne.

Abandonné à lui-même dans les circonstances ordinaires, le sang se coagule en une masse molle de la consistance d'une gelée de viande ; puis il se contracte en un caillot rouge de plus en plus compact, duquel sort un liquide incolore ou légèrement citrin, qu'on a nommé le *sérum*. Nous étudierons plus loin en détail ce phénomène de la coagulation.

Telles sont les apparences et les propriétés extérieures que révèle un premier examen superficiel du sang. Mais lorsque le Hollandais Leeuwenhoek, en 1673, appliqua le microscope à l'étude du sang humain, il découvrit que le sang n'était pas un liquide homogène, mais qu'il contenait normalement en suspension une infinité de corpuscules identiques les uns aux autres et qui seuls donnaient au sang sa coloration (2). Un siècle plus tard, en 1770, l'anatomiste anglais Hewson y découvrit des globules blancs. Un siècle encore après, Hayem à Paris et Bizzozero à Turin, découvrirent et étudièrent, en 1877 et 1881, une troisième sorte de corpuscules plus petits que les globules rouges et blancs.

Aujourd'hui, voici, dans ses grands traits, ce que l'on sait de l'anatomie du sang humain :

(1) Adhérence toutefois plus ou moins forte. Ainsi, Freund a réussi a retarder la coagulation du sang en recevant directement le sang d'un cheval dans un verre enduit de vaseline, parce que le sang a moins d'adhérence pour la vaseline que pour le verre.

(2) Déjà des corpuscules pareils avaient été signalés par Swammerdam en 1658 dans le sang de la grenouille, et par Malpighi en 1665 dans le sang du hérisson.

La partie liquide du sang vivant, que l'on appelle le *plasma*, contient environ par millimètre cube cinq millions de *globules rouges* ou *hématies*, six à huit mille *globules blancs* ou *leucocytes*, et deux cent quarante-cinq mille corpuscules de Hayem et Bizzozero, que le premier appelle *hématoblastes*, et le second *plaquettes sanguines*.

Le *plasma* est un liquide incolore, contenant en solution dans de l'eau diverses matières albuminoïdes, des sels minéraux, des gaz. Le plasma est, en réalité, mal connu, car on ne peut le séparer des globules, ni même l'extraire des vaisseaux pour l'étudier : à peine est-il sorti de l'organisme qu'il subit des modifications chimiques et physiques qui aboutissent à la coagulation.

On croyait autrefois que les substances albuminoïdes du plasma étaient la *sérine*, la même substance albuminoïde qu'on retrouve dans le sérum du sang coagulé, et la *fibrine*, matière qui, liquide dans le plasma vivant, se coagulerait par la mort pour former la charpente du caillot. On admet aujourd'hui que la sérine existe dans le plasma comme dans le sérum, mais que la fibrine n'existe pas comme telle dans le sang vivant : le plasma, suivant la théorie actuelle, contient une matière albuminoïde incoagulable par elle-même, la substance *fibrinogène*, mais coagulable par l'action d'un ferment chimique, la *plasmase* de Duclaux ou *fibrinferment* de Schmidt. Celle-ci n'existe que dans les leucocytes, mais à la mort du sang, les leucocytes s'altèrent immédiatement, ils laissent transsuder la plasmase hors de leur corps, et la coagulation s'opère aussitôt. La fibrine n'est donc, comme le dit justement Hayem (1), qu'un produit pathologique ou un produit de la mort.

Les *hématies* avaient été nommées globules rouges par

(1) Hayem, *Du sang et de ses altérations anatomiques*. Paris, Masson, 1889.

Leeuwenhoeck, à qui l'imperfection de ses instruments avait masqué la forme réelle de ces éléments. Les observateurs qui lui succédèrent, mieux servis que lui, constatèrent que ces corpuscules étaient parfaitement ronds à la vérité, mais ronds à la manière de disques et non sphériques; de plus, ils sont légèrement concaves sur leurs deux faces. Il en est de plusieurs grandeurs : la plupart (8 sur 10) ont en moyenne 7μ,5 de diamètre sur 2μ d'épaisseur ; quelques-uns (1 sur 10) ont seulement 6μ à 6μ,5 ; quelques autres (1 sur 10) ont 8μ,5 à 9μ,5. Il y a aussi dans le sang, même normal, quelques rares hématies géantes, qui dépassent 9μ,5.

Ce sont les hématies, avons-nous dit, qui donnent au sang sa belle couleur rouge. Cependant, sous le microscope, chaque hématie vue par transparence nous apparaît comme un disque translucide d'un jaune très pâle à peine un peu verdâtre : ce n'est que quand les hématies sont en masse opaque qu'elles donnent l'impression du rouge, par réflexion de la lumière.

Les hématies normales n'ont jamais de noyaux dans le sang humain. Nous verrons plus loin qu'elles sont un produit de transformation, du moins selon toute probabilité et pour l'immense majorité, de cellules nucléées.

Mais les apparences que nous venons de décrire ne sont que celles des hématies examinées dans le sang sorti des vaisseaux : quand on examine les hématies dans le sang vivant et circulant dans l'organisme, on leur découvre une propriété physique remarquable, l'élasticité parfaite. Pour la constater, il suffit d'examiner au microscope la membrane interdigitale d'une grenouille vivante : on y voit les hématies entraînées par le torrent circulatoire se déformer, s'allonger, se courber pour passer dans les sinuosités des capillaires, dont le diamètre à certains endroits est souvent plus petit que le diamètre des globules. Et c'est un curieux spectacle de voir ces innombrables globules se presser les uns contre les autres et contre les parois des

vaisseaux, dans une fuite folle, comme s'ils se hâtaient pour se dépasser à la course ; parfois ils passent à deux, à trois dans un tunnel trop étroit pour un seul, parfois l'accumulation fait un instant barrage, puis chacun s'allonge, s'effile, se faufile comme à grands efforts, on s'imagine qu'ils vont se déchirer,... puis le plus avancé finit par se dégager, le barrage s'effondre et la foule s'engouffre dans le vaisseau. Et quelque déformation que la pression leur fasse subir, on voit aussitôt la courbe de leur corps reprendre d'un seul coup sa parfaite régularité. Ce spectacle, on ne peut, évidemment, l'observer directement dans l'organisme humain, mais il n'y a pas de doute que les mêmes causes y produisent les mêmes effets que dans l'organisme de la grenouille. On peut du reste, par la plus simple des expériences, s'en rendre un compte évident, en représentant pour ainsi dire une circulation artificielle dans des capillaires artificiels sur la platine du microscope. Il suffit pour cela d'examiner une goutte de sang frais interposée avec quelques brins d'ouate entre le slide et la lamelle et d'exercer en même temps de petites pressions répétées sur la lamelle : à chaque pression, on voit les hématies fuir le centre de poussée en se glissant avec mille changements de forme entre les obstacles formés par les brins d'ouate, et reprendre ensuite leur forme parfaitement circulaire lorsqu'ils sont libérés.

Nous verrons bientôt que les leucocytes, eux aussi, peuvent changer de forme de la manière la plus variée, mais par un mécanisme tout différent. Chez les leucocytes, les mouvements sont autonomes, spontanés ; chez les hématies, les changements de forme sont toujours des mouvements purement passifs, provoqués par la pression de la circulation : leur forme normale est la forme ronde et ils ne la quittent jamais d'eux-mêmes.

Les hématies offrent beaucoup plus d'intérêt par leurs propriétés chimiques que par leurs propriétés physiques.

Le corps d'une hématie comprend essentiellement deux

parties, deux substances albuminoïdes (1) : l'une incolore, insoluble dans l'eau, qui en constitue la charpente, le *stroma*, pour lui donner son nom scientifique, c'est la *globuline* de Denis ; l'autre, colorée en rouge, soluble dans l'eau, imprégnant le stroma, c'est l'*hémoglobine*, une des substances les plus importantes, peut-être la plus importante, du sang.

Il résulte de la solubilité de l'hémoglobine que le sang ne peut être examiné dans l'eau : les hématies y deviennent invisibles en se décolorant ; on ne peut les retrouver qu'en recolorant la préparation à l'iode, qui teint la globuline en jaune. Pour étendre une préparation de sang, il faut se servir d'eau salée, ou mieux, d'une solution aqueuse de sulfate de sodium à 5 p. c., solutions dans lesquelles l'hémoglobine ne se dissout pas.

L'hémoglobine constitue à peu près les 9/10 de la masse des hématies desséchées. Elle contient toujours un peu de fer (près de 1/2 p. c.), auquel elle doit sa couleur et sa principale propriété, à savoir son affinité singulière pour l'oxygène. Nous devons insister sur ce point.

L'hémoglobine forme avec l'oxygène de l'air, un composé instable, l'oxyhémoglobine, qui cède son oxygène avec la plus grande facilité aux corps oxydables. Cet oxygène, au moment de la réduction de l'oxyhémoglobine, est, comme disent les chimistes, à l'état naissant, c'est-à-dire qu'il s'échappe par atomes isolés et non par molécules entières, ce qui lui donne une affinité bien plus libre et par conséquent plus puissante que celle de l'oxygène normal à molécules diatomiques. Une curieuse expérience peut le démontrer : l'oxyhémoglobine agit sur les réactifs de l'ozone — cette variété d'oxygène à affinité exaltée — comme l'ozone lui-même. Lorsqu'on trempe, par exemple, dans du sang oxygéné du papier imprégné d'iodure de

(1) Nous faisons abstraction de l'eau qui y entre, comme dans toute matière vivante au moins pour les 2/3, de diverses matières albuminoïdes, de sels minéraux, etc.

potassium et d'amidon, et qu'on lave ensuite ce papier à l'eau distillée pour en enlever le sang, on constate que le papier a bleui par l'oxydation du potassium, la mise en liberté de l'iode et l'action spécifique de celui-ci sur l'amidon. C'est ce procédé d'oxydation qui est utilisé dans la combustion de nos tissus. Mais ce serait devancer l'ordre que nous avons établi, dans ce travail, que de l'étudier ici en détail : nous réserverons ce sujet pour le chapitre où nous nous occuperons de la physiologie du sang.

Pour le moment contentons-nous d'ajouter que c'est aux deux états de l'hémoglobine que le sang doit ses deux teintes alternatives : il est clair et rutilant quand ses hématies contiennent de l'oxyhémoglobine, il est rouge sombre quand elles sont chargées d'hémoglobine réduite.

Les globules blancs ou *leucocytes* traités autrefois assez dédaigneusement parce qu'on en ignorait les fonctions, sont depuis quelques années l'objet de travaux innombrables.

On sait aujourd'hui que les leucocytes jouent un rôle très important dans la défense de l'organisme contre les maladies infectieuses ; on sait en outre que les modifications qu'ils présentent au cours d'un grand nombre de maladies apportent de précieuses indications au diagnostic et au pronostic ; on sait enfin que leur action dans l'organisme à l'état normal est capitale pour le maintien de cet état. Sans nous arrêter actuellement à ces trois points, qui nous occuperont longuement dans la suite de cet article, nous nous bornons à les signaler pour motiver les détails que réclame ici l'anatomie des leucocytes.

On désigne sous le nom de *leucocytes* des cellules du sang d'aspect à peu près analogue, mais en réalité d'origine et de nature diverses.

Lorsqu'on examine au microscope le sang au sortir des vaisseaux, sans précaution spéciale, les leucocytes apparaissent tous comme de petits globules sphériques, blancs,

la plupart un peu plus grands que les hématies, et présentant à un grossissement de 400 à 500, des granulations d'un vert très pâle, à peine visibles, qui révèlent le noyau. Mais cet aspect n'est pas l'aspect normal du leucocyte vivant dans les vaisseaux : pour l'observer en pleine vitalité dans le sang humain, il faut l'examiner sur la platine chauffante ; on voit alors que la forme sphérique n'est que la forme d'équilibre qu'il prend en se paralysant par la mort.

Il va sans dire que l'étude de cellules aussi pâles ne peut se faire sans l'aide des colorants, lesquels font toujours nettement apparaître les noyaux, et parfois des détails caractéristiques que nous signalerons tout à l'heure.

Tous les leucocytes sont de véritables cellules, pourvues d'un ou plusieurs noyaux, ce qui déjà les met dans une tout autre catégorie que les hématies, qui sont plutôt de simples *organites*, comme on disait autrefois, c'est-à-dire des *dérivés* de cellules, des cellules mutilées de leur organe essentiel. Ce fait, d'être une cellule parfaite, donne au leucocyte une supériorité considérable sur l'hématie : l'hématie n'est plus qu'un être atrophié, sans autonomie, sans autre résistance que son élasticité physique, jouet passif des flux et des reflux circulatoires. Le leucocyte est un individu complet, indépendant, vivant et agissant par lui-même ; il possède des mouvements propres, il contracte et distend sa substance, il s'allonge, s'étale, revient sur lui-même, émet des expansions de protoplasme — ce que l'on appelle des *pseudopodes* — qu'il peut étirer d'une façon prodigieuse et faire rentrer ensuite. Grâce à ces pseudopodes, il rampe comme un limaçon, il peut même traverser les tissus les plus serrés en s'insinuant entre leurs cellules, sortir des vaisseaux à travers leurs parois épithéliales et musculaires, y rentrer, ou se rendre dans des parties du corps quelconques où sa présence est utile... Cette étrange manière de voyager s'appelle la *diapédèse*. Enfin il peut, par un jeu de ses

pseudopodes qu'il allonge, qu'il disjoint, qu'il ressoude entre eux, introduire dans sa masse des corpuscules qu'il rencontre, débris de cellules, particules alimentaires, microbes,... Ces particules qu'il incorpore, il les *digère* grâce à des ferments qu'il fabrique, il les détruit en les transformant en sa propre substance : propriété plus étrange que toutes les autres et à laquelle on a donné le nom de *phagocytose*. Nous verrons, en étudiant les fonctions du sang, l'extrême importance que la diapédèse et la phagocytose donnent aux leucocytes ; elle est telle qu'elle a valu à ces cellules une seconde appellation : quand on les considère au point de vue de cette fonction, on les désigne souvent sous le nom de *phagocytes*.

Disons toutefois que ces merveilleuses facultés ne sont pas départies également à toutes les variétés de leucocytes : certains leucocytes sont mieux doués que les autres à ce point de vue. Disons encore que la phagocytose, sinon la diapédèse, n'est pas uniquement le fait des leucocytes : des recherches toutes actuelles montrent, ainsi que nous le verrons, que plusieurs espèces de cellules agissent en phagocytes dans l'organisme.

La classification des leucocytes est loin d'être fixée ; il faudra pour qu'elle soit définitive, que l'on connaisse d'une façon plus complète la genèse de ces cellules, et les métamorphoses que plusieurs d'entre elles peuvent subir pour se transformer les unes en les autres, questions encore fort obscures et fort discutées, qui passionnent, à l'heure qu'il est, nombre de chercheurs et sur lesquelles nous ne pourrons, au cours de cette étude, donner que des indications élémentaires et incomplètes.

Dans la pratique actuelle des analyses du sang au point de vue clinique, on peut ramener les leucocytes à un petit nombre de types, caractérisés principalement par la forme de leurs noyaux, par les réactions colorantes que certains réactifs exercent sur leurs noyaux et leurs protoplasmes, et par leurs dimensions.

I. Certains leucocytes sont à peine plus grands que les hématies : ce sont les *lymphocytes*. Ils n'ont qu'un seul noyau, sphérique, occupant presque toute leur masse et ne laissant qu'un mince liseré de protoplasme à sa périphérie, liseré parfois imperceptible.

On compte en moyenne, dans le sang normal des vaisseaux, 25 lymphocytes sur 100 leucocytes.

II. D'autres leucocytes, eux aussi mononucléaires, sont un peu plus grands que les lymphocytes : certains d'entre eux peuvent atteindre jusqu'à 20 μ de diamètre. Dans une classification sommaire telle que celle-ci, on peut les désigner sous le nom commun de *leucocytes mononucléaires ordinaires*, ou *gros mononucléaires*, par opposition aux lymphocytes. Leur noyau, ordinairement moins vivement coloré par les réactifs que celui des lymphocytes, est parfois rond, plus souvent réniforme, ou même en fer à cheval ; il laisse toujours de larges plages de protoplasme abondant. Celui-ci demeure uniforme sous les colorants : on n'y voit jamais apparaître (à l'état normal) de granulations colorées comme celles dont il sera question chez les espèces suivantes de leucocytes (1).

On compte en moyenne dans le sang normal 7 ou 8 gros mononucléaires sur 100 leucocytes ; soit en tout, 32 ou 33 mononucléaires sur 100.

C'est à propos des leucocytes mononucléaires, et particulièrement dans la seconde catégorie que nous venons d'indiquer, que les hématologistes de profession compliquent la classification : il en est qui distinguent deux ou trois variétés de lymphocytes ; d'autres établissent quatre ou cinq variétés de gros mononucléaires, plus ou moins nettement caractérisées... Ces distinctions, extrêmement intéressantes au point de vue de l'histogenèse, sont trop incertaines pour fournir actuellement des données utiles au praticien.

(1) Dans certaines infections, il apparaît dans le sang des mononucléaires à granulations. Il sera question de ces formes pathologiques plus loin.

III. Le leucocyte le plus commun dans le sang normal, celui qu'on peut regarder, suivant l'expression de Bezançon et Labbé, comme « la véritable cellule du sang » (1), porte le nom assez compliqué de *polynucléaire à granulations neutrophiles*. Il y en a normalement 65 à 66 sur 100 leucocytes. Sa désignation demande quelques détails :

Il se rencontre dans le sang normal trois sortes de leucocytes polynucléaires, tous trois de la même dimension à peu près, un peu inférieure à celle des gros mononucléaires. Ils n'ont pas précisément plusieurs noyaux indépendants, mais leur noyau est divisé en trois ou quatre lobes irréguliers, réunis par des isthmes très étroits, parfois par de simples filaments de caryoplasme.

A la différence des mononucléaires, les trois espèces de polynucléaires ont un protoplasme chargé de granulations qui apparaissent nettement dans l'action de certains colorants. Ce sont surtout ces granulations et leurs réactions colorantes qui caractérisent les espèces.

On distingue, parmi les colorants usuels de l'histologiste, des colorants *acides*, tels que l'éosine, l'hématoxyline, l'orange, la fuchsine acide,... et des colorants *basiques*, tels que le bleu de Unna, la thionine, le bleu de méthylène, le vert de méthyle,... ; en mélangeant certains colorants acides avec certains colorants basiques, on a obtenu des colorants *neutres* dont le plus important, en hématologie, est un mélange d'orange, de fuchsine acide et de vert de methyle, mélange connu sous le nom impropre de *triacide d'Erlich* (2). Ces détails techniques connus, voici les caractères distinctifs des trois sortes de polynucléaires :

Le polynucléaire à granulations neutrophiles soumis au

(1) *Traité de Pathologie générale de Bouchard, T. VI : Valeur diagnostique et pronostique de la formule hemoleucocytaire*, par F. Bezançon et M. Labbé.

(2) Erlich, qui l'a employé le premier, en a livré la formule à la publicité, mais, chose assez singulière, un seul fabricant réussit à le faire dans de bonnes conditions; c'est le Dr Grübler, de Leipzig, qui le fournit actuellement à tous les laboratoires d'hématologie.

triacide d'Erlich, colore fortement son noyau et présente dans son protoplasme de très fines granulations couleur marron, ou violet rougeâtre, qui n'apparaîtraient pas sous les couleurs basiques, et qui se révéleraient en rouge-brique ou rouge cuivré sous les couleurs acides.

IV. Les *polynucléaires à granulations acidophiles* (ou, comme on dit plus souvent, *éosinophiles*), sont normalement très peu nombreux : 1 ou 2 sur 100 leucocytes. Leur noyau se colore moins vivement que celui des précédents. Les granulations de leur protoplasme se caractérisent en ce qu'elles sont beaucoup plus grosses que celles des neutrophiles ; elles se colorent à peu près comme les neutrophiles sous le triacide d'Erlich, mais elles deviennent roses et non rouge-brique sous l'éosine.

V. Enfin, on rencontre régulièrement dans le sang normal, un *polynucléaire basophile* (1) sur 200 à 300 leucocytes. Ce dernier type possède un protoplasme creusé de vacuoles claires entre lesquelles sont des granulations parsemées qui ne prennent ni le triacide d'Erlich, ni les colorants acides, et qui n'apparaissent que sous l'influence des couleurs basiques telles que la thionine.

Le lecteur qui n'aura pas été rebuté par cette description aride des différents types de leucocytes, aura probablement été étonné — et à coup sûr impatienté ! — de ces détails minutieux sur lesquels nous avons si longuement insisté. Nous ne pouvions cependant les omettre ni les abréger : la portée en est considérable dans les analyses du sang que l'on fait pour diagnostiquer un bon nombre de maladies. Sans vouloir anticiper sur les applications que nous exposerons dans la dernière partie de cet article, disons en résumé que les chiffres proportionnels que nous avons indiqués pour chaque variété de leucocyte sont remarquablement fixes à l'état normal, et varient suivant

(1) On désigne souvent le polynucléaire basophile sous le nom de *Mastzellen*, que lui a donné Erlich.

des lois qui se précisent chaque jour, d'une façon caractéristique pour chaque état pathologique.

Les corpuscules que Hayem a découverts dans le sang normal et désignés sous le nom d'*hématoblastes* — que Bizzozero appelle des *plaquettes* — que d'autres, avec Donné, appellent des *globulins*, ont exercé jusqu'aujourd'hui la sagacité des chercheurs, sans que l'on soit encore tombé d'accord sur leur nature.

Ils apparaissent dans le sang vivant (observés comme Bizzozero l'a fait dans le sang des lapins et des cobayes) sous forme de très petits disques, parfois elliptiques, de 3 μ environ. Observés sur le verre d'un slide, ils se déforment aussitôt et prennent des contours anguleux. Toujours très pâles, ils ne se colorent que faiblement aux divers réactifs, et ne recèlent jamais de noyaux. Un fait remarquable consiste dans leur influence sur la coagulation ; on peut observer au microscope qu'ils sont le point de départ de la formation de la fibrine : celle-ci se manifeste sur le slide en traînées qui s'irradient toujours autour des plaquettes. Ces petits éléments ont une adhérence extraordinaire pour le verre : pour les observer seuls, il suffit de toucher aussi rapidement qu'on veut le slide avec une gouttelette de sang. Les plaquettes s'y collent instantanément, et on peut immédiatement passer la préparation au lavage à l'eau, qui enlève tous les éléments liquides ou solides du sang sans détacher les plaquettes.

Hayem, lorsqu'il les découvrit, crut d'abord que c'étaient des hématies en voie de formation, et c'est pourquoi il les appela *hématoblastes*. Mais cette théorie, ainsi que nous le verrons en étudiant la genèse du sang, paraît devoir être abandonnée ; il semble plus probable que ces corpuscules tirent leur origine de certains leucocytes. Quoi qu'il en soit, il est préférable d'abandonner le terme d'*hématoblastes*, et d'en prendre un autre qui ne préjuge pas la question d'origine, tel que le terme de *plaquettes* qu'a

choisi Bizzozero, terme cependant assez malheureux puisqu'il n'a aucun sens scientifique.

Nous avons maintenant terminé cette longue description anatomique du sang normal. Cette étude préliminaire était indispensable — pour fastidieuse qu'elle soit — avant d'entrer dans le domaine autrement intéressant des fonctions physiologiques du sang. Elle était nécessaire aussi pour que nous puissions ensuite nous rendre compte des réactions fort curieuses que le sang oppose aux accidents pathologiques, et des signes diagnostiques et pronostiques que le clinicien peut en tirer.

(La fin prochainement.)

M. Lefebvre.

NÉCROLOGIE

LE R. P. GUILLAUME HAHN, S. J.

La Revue vient de faire une perte cruelle dans la personne d'un de ses plus anciens et de ses plus dévoués collaborateurs, le R. P. G. Hahn, S. J., enlevé presque subitement, le 10 décembre, à l'affection de ses amis et de ses élèves, et à l'estime de tous.

Guillaume Hahn était né le 22 avril 1841. Il avait à peine 16 ans quand il entra au noviciat de la Compagnie de Jésus, à Tronchiennes.

Sa vive intelligence, son caractère naïf et séduisant, franc et bon jusqu'au désintéressement, son entrain, la gaîté communicative qui ne l'abandonna jamais, tout en lui provoquait la sympathie et le faisait aimer.

C'est vers les sciences exactes que ses goûts le portèrent, au cours de ses études de philosophie et de sciences (1860-1863), et c'est par l'enseignement des mathématiques, au Collège Saint-Michel, à Bruxelles, qu'il inaugura sa carrière professorale (1864-1869). S'il fût resté dans cette voie, nul doute qu'il n'y eût rencontré le succès. Toujours il prit plaisir à y rentrer à la dérobée. Non seulement, il sut mettre à profit, dans maints articles, les connaissances solides qu'il avait amassées dans ce domaine, au début de ses études; mais il ne cessa de les augmenter : une de ses distractions favorites était la lecture des revues et des ouvrages de mathématiques, et il

n'était pas rare qu'au dos des feuillets où il avait écrit un bulletin de Biologie, on vît s'étaler des figures géométriques, ou s'aligner des intégrales et les formules combinatoires du calcul des probabilités où se plaisait surtout son esprit généralisateur et subtil. Son intelligence ouverte à toute lumière et curieuse de toute vérité, s'accommodait d'ailleurs de tous les genres d'étude, même des longues et patientes recherches de l'érudition.

Après sa théologie, qu'il fit à Louvain de 1869 à 1873, et qu'il couronna en enseignant pendant une année la logique et la métaphysique générale, il fut définitivement appliqué à l'étude et à l'enseignement des sciences naturelles. Ses aptitudes pour ce genre de travaux se révélèrent à la suite d'une maladie grave qui l'arracha à ses occupations : il n'y avait cherché au début qu'un moyen agréable d'utiliser les loisirs d'une longue convalescence.

C'est à l'*University College* de Londres, aux leçons d'Huxley surtout et dans son laboratoire, qu'il alla compléter ses études commencées à Louvain. Il a raconté, dans l'excellent article qu'il a consacré ici-même à son illustre maître, comment il fut mis en relation avec celui que l'on proclamait alors « le premier zoologiste d'Angleterre », la physionomie des leçons qu'il en reçut et des travaux techniques qu'il fit sous sa direction.

De retour à Louvain, en 1878, il se lia d'étroite amitié avec J.-B. Carnoy, le fondateur de l'École biologique de l'Université catholique, et c'est dans son laboratoire, au contact journalier de l'illustre savant et de ses premiers disciples, devenus aujourd'hui ses dignes continuateurs, qu'il s'initia aux méthodes de recherches et suivit tous les progrès de la biologie cellulaire.

A cette époque, le P. Hahn enseignait la physiologie au Collège de la Compagnie de Jésus, à Louvain. Plus tard (1890-1892), il professa la même branche à l'Université de Dublin, d'où il fut appelé à la chaire de zoologie

de la Faculté des sciences de Namur. C'est là, et dans ces fonctions, qu'il vécut ses onze dernières années, partagées entre ses devoirs professionnels, ses recherches personnelles et des conférences scientifiques qu'il donnait à un groupe de prêtres du diocèse. Nulle vie ne s'écoula plus simple et mieux remplie. Le temps que lui laissaient ses leçons, le P. Hahn le passait dans son laboratoire, au milieu de ses aquariums et de ses terriers, entouré de « ses bêtes », ou à sa table de travail, dans sa chambrette légendaire, dont l'architecture invraisemblable et les meubles de hasard eussent rebuté le moins exigeant des étudiants. Lui-même l'avait choisie, et il s'y plaisait comme l'hirondelle dans son palais d'argile.

Il en sortit, le 7 décembre dernier, pour s'aliter à l'infirmerie du Collège où il mourait trois jours plus tard dans les sentiments de foi, de piété et de résignation les plus édifiants.

Dès la fondation de la Société scientifique, son secrétaire général, le regretté P. Carbonnelle, trouva, dans son confrère et son meilleur ami, l'auxiliaire le plus dévoué. Personne ne fut assidu comme lui à nos réunions, où il partageait sa collaboration entre la section des sciences naturelles et celle des sciences médicales. La solidité de son esprit, l'étendue et la variété de ses connaissances furent maintes fois mises à contribution ; mais ses collègues n'estimaient pas moins la simplicité de ses manières, son calme bon sens, son jugement droit toujours guidé par les principes de l'équité, prompt à rendre justice au mérite d'autrui et au besoin à le défendre avec chaleur. Tel il se montra dans les différents jurys dont il fit partie.

A plusieurs reprises, le P. Hahn prit la parole dans nos assemblées générales. Il ne possédait pas les qualités spéciales du conférencier et du brillant professeur. Sa petite taille n'en imposait pas ; et sa voix grêle, son geste

inculte, sa parole tantôt traînante, tantôt précipitée eussent bientôt lassé l'attention, si elle n'eût été soutenue par la sympathie qu'inspire une physionomie modeste et souriante, par la bonhomie du débit, la solidité et l'étendue du savoir.

La Revue surtout tint une grande place dans son travail. Là, l'écrivain, très supérieur chez le P. Hahn à l'orateur, se meut avec aisance : son style est ferme sans raideur, sa dialectique serrée sans pédantisme, sa critique sans fiel, mais non sans malice, son érudition du meilleur aloi. S'il fallait un effort parfois pour l'écouter quand, l'expression de sa pensée restant imprécise, il cherchait, avec une sorte d'anxiété et une insistance pénible, le mot qui la mettrait à la portée de son interlocuteur, on le lit toujours avec autant de plaisir que de profit.

Pendant plus de vingt-cinq ans le P. Hahn a écrit dans cette Revue le bulletin des sciences biologiques. Non content de dépouiller dans ce but les journaux scientifiques qu'il avait sous la main, il faisait le voyage de Louvain ou de Namur à Bruxelles pour consulter ceux des bibliothèques publiques. Sa connaissance des langues étrangères lui permettait d'étendre largement ses recherches ; souvent il contrôlait par lui-même les faits qu'il se proposait d'exposer ; très habilement il choisissait ceux qui intéresseraient davantage le grand public et il les encadrait d'explications, de rapprochements, de mille détails qui faisaient de ses bulletins de charmantes et utiles leçons. Toujours il envoyait son manuscrit à la date qu'il avait fixée ; il n'y manqua qu'une seule fois.

Le 5 décembre dernier, il m'écrivait en renvoyant les épreuves de l'article bibliographique qu'on lira dans cette livraison : « Vous recevrez le 14, par la poste du matin, l'article que je vous dois ». Hélas ! ce jour-là même nous avions la douleur d'assister à ses funérailles. Sur sa table de travail, on retrouva son manuscrit inachevé : il y avait

travaillé jusqu'au moment où le mal qui devait l'emporter lui arracha la plume des mains.

En même temps qu'il écrivait le bulletin des sciences biologiques, le P. Hahn enrichissait la Revue de nombreux articles. Les sujets qu'il y traite sont variés : on y retrouve tour à tour, et souvent à la fois, le mathématicien, le naturaliste, le philosophe et le théologien; mais c'est sur les confins de la philosophie et des sciences qu'il aimait à s'arrêter. Qu'il expose les travaux d'Huxley, de Claude Bernard, de Charcot,... ; qu'il s'occupe des mouvements ou des métamorphoses dans le règne organique; qu'il étudie l'origine et le développement de la vie ou les théories qui prétendent les expliquer; qu'il analyse les manifestations de la vie psychique, l'intelligence et la liberté,... c'est toujours une page de philosophie spiritualiste qui se dégage de son exposé scientifique ; c'est contre l'invasion par le matérialisme du domaine réservé à l'esprit qu'il bataille ; c'est aux prétentions du demi-monde de la science irréligieuse, qui sur toutes les plus graves questions a, toutes prêtes, des affirmations superficielles, qu'il s'en prend ; ce sont ces solutions pompeusement données comme définitives qu'il soumet à une critique acérée.

Nous n'analyserons pas ces travaux que nos lecteurs connaissent et dont ils ont apprécié la valeur. Mais nous devons dire un mot du mémoire publié sous ce titre : *Les Phénomènes hystériques et les Révélations de sainte Thérèse.*

En tête, le P. Hahn a placé cette note : « Mémoire couronné au Concours de Salamanque, le 23 octobre 1882. On sait que, pour rehausser l'éclat du troisième centenaire de sainte Thérèse, Mgr l'évêque de Salamanque avait ouvert un concours auquel étaient admis les écrivains étrangers à l'Espagne. Parmi les questions proposées, il s'en trouvait qui avaient pour objet de défendre le carac-

tère et les révélations de sainte Thérèse contre les attaques de l'incrédulité. Tel a été également le but poursuivi dans ce travail.

» Le Jury, chargé de décerner les récompenses, comprenait deux membres de l'Académie d'Espagne, deux chanoines de Salamanque, le vice-recteur et les professeurs de droit de l'université de cette ville, le recteur du collège de San Carlos, le provincial des dominicains, le prieur du couvent des franciscains, le recteur du collège des Nobles Irlandais. »

La décision du Jury de Salamanque n'empêcha pas que cette publication ne rencontrât, dans une partie du monde religieux, une opposition bruyante, qui dégénéra bientôt en polémique acerbe. L'autorité ecclésiastique y mit fin en inscrivant le mémoire du P. Hahn à l'Index. Jugea-t-elle fausse quelqu'une des conclusions de l'auteur ? Nous l'ignorons. La Congrégation de l'Index n'a pas l'habitude de s'expliquer sur les raisons qui dictent ses arrêts. Il est permis de croire que la publication de cette étude, à la fois scientifique et théologique, fut seulement jugée inopportune, puisque cela suffit, en pareille matière, pour provoquer et justifier semblable mesure.

Le P. Hahn fit mieux que de chercher à comprendre cette rigueur. Il avait écrit son mémoire avec une entière bonne foi ; il l'avait publié, persuadé qu'il servait la vérité et défendait victorieusement, contre les attaques d'une science systématiquement irréligieuse, l'honneur de la réformatrice du Carmel ; ses supérieurs jugeaient qu'il s'était trompé ou qu'il avait manqué de prudence : il se soumit, non seulement de bon gré, mais de bon cœur. Ses amis l'en estimèrent davantage ; seuls quelques esprits forts qu'une conduite différente eût sans doute réjouis pour le scandale qu'elle eût donné, feignirent l'indignation. Le P. Hahn n'y prit garde ; il supporta de même, sans amertume, l'intervention courtoise, mais tar-

dive, d'amis trop zélés peut-être qui crurent faire œuvre utile en attaquant le mémoire désapprouvé.

Ce fut le seul événement qui traversa cette vie tout entière consacrée à l'étude et à l'enseignement. Il en troubla à peine la surface, sans porter la moindre atteinte à sa fécondité. Je n'ai pas de souvenir qu'au cours de nos fréquentes et intimes causeries, le P. Hahn y ait jamais fait allusion. Son ardeur au travail n'en fut point ralentie, et il conserva inaltérées sa parfaite égalité d'humeur et cette gaîté presque enfantine qui ajoutait tant de charmes à son amitié.

Le souvenir du maître qui, aux dons de l'intelligence imposant le respect et la confiance, joignait la bonté qui subjugue, vivra pour ses élèves entouré de reconnaissance ; celui de l'ami loyal et dévoué, à l'âme droite et sincère, au cœur ouvert et chaud, ne cessera d'évoquer d'ineffables regrets ; le savant chrétien se survit dans les écrits et les exemples qu'il nous a légués.

J. Thirion, S. J.

VARIÉTÉS

I

LES CONFINS DE LA SCIENCE ET DE LA PHILOSOPHIE

AU CONGRÈS INTERNATIONAL DE PHILOSOPHIE DE 1900

En 1901 (nos d'avril et d'octobre), nous avons étudié, au point de vue spécial qui convient à une revue scientifique, les volumes I et III de la *Bibliothèque du Congrès international de philosophie de 1900.*

Le tome IV n'a pas beaucoup tardé à paraître, mais le tome II s'est fait attendre jusque vers l'automne de l'année 1903.

Le tome II, consacré à la *Morale*, nous arrêtera peu. Toutefois nous tenons à signaler deux études très remarquables, l'une consacrée à la véracité par M. Belot, membre du Conseil supérieur de l'Instruction publique et professeur au lycée Louis-le-Grand, l'autre contenant une critique de la loi du progrès universel par M. Parodi, professeur de philosophie au lycée de Rouen.

Le tome IV comprend les travaux relatifs à l'*Histoire de la Philosophie* et mériterait à plusieurs titres de nous arrêter. Il n'y a toutefois qu'une étude sur laquelle nous insisterons, mais il en est quelques autres que nous ne saurions nous dispenser de mentionner brièvement.

En voici une, d'abord, de M. René Berthelot, professeur à l'Université libre de Bruxelles, sur l'idée de physique mathématique chez les philosophes grecs entre Pythagore et Platon. On connaît sur cet ordre de questions les travaux de MM. Paul Tannery et Milhaud, et l'on sait notamment quel rôle important

ce dernier, dans son ouvrage d'un si puissant intérêt sur *les Philosophes géomètres de la Grèce*, a reconnu aux mathématiques dans l'histoire de la philosophie. M. Berthelot croit qu'on peut aller encore plus loin que lui dans cette voie.

M. Paul Tannery, directeur des Manufactures de l'État, mais en même temps helléniste de premier ordre, étudiant les principes de la science de la nature chez Aristote, remarque que souvent les principes scientifiques formulés par un auteur ne sont pas les fondements réels sur lesquels celui-ci a bâti son système, mais que ce système, déjà conçu dans ses grandes lignes générales, a provoqué ces principes en agissant comme cause finale, consciente ou non : " C'est, dit-il, pour rendre compte du système que l'on remonte aux principes indispensables, et que l'on postule ceux que l'on ne peut établir *à priori*. „ En ce qui concerne particulièrement Aristote, nous nous bornerons à mentionner les aperçus très curieux de M. Tannery sur la précision du langage chez le Stagirite. Il constate en lui un puissant effort pour apporter cette précision dans les questions scientifiques, " et, dit-il, nous savons que les résultats de cet effort ont été durables. Mais, aujourd'hui, c'est la clarté des concepts qui nous préoccupe en première ligne : chez Aristote, il n'en est point de même ; ses définitions sont limpides et saisissantes : mais les concepts eux-mêmes n'en sont éclairés que d'un côté ; ils demeurent vagues et imprécis dans le reste de leur contour. C'est qu'Aristote travaille, même en logique, plutôt encore sur la langue grecque que sur la pensée universelle ; il s'agit pour lui d'expliquer la signification ou les significations multiples dans lesquelles les mots peuvent être employés ; il s'agit d'éliminer les ambiguïtés, les équivoques et les erreurs qui en résultent, de rendre correcte l'expression de la pensée plutôt que d'approfondir la pensée elle-même. Et cela tient, en partie au moins, à ce que l'objet de la science était alors conçu d'une façon qui désormais nous est tout à fait étrangère.

„ La théorie, de nos jours, a une tendance de plus en plus grande, d'une part, à se constituer indépendamment de la pratique, de l'autre à diriger celle-ci. Au temps d'Aristote, la théorie ne fait que se dégager de la pratique, des techniques particulières ; mais elle y a encore ses racines qui la nourrissent et elle s'inquiète fort peu de rendre, à son tour, service à la technique. Il s'agit seulement de pouvoir se satisfaire soi-même, de pouvoir satisfaire les autres sur les questions de : *pourquoi tel phénomène ?* Les *Problèmes*, qu'ils soient ou non d'Aristote,

sont un précieux témoignage de cet état d'esprit ; ils peuvent encore, à l'heure actuelle, fournir une mine inépuisable de sujets d'étude ; mais je ne sais pas s'il y en a un seul dont on puisse dire que la question soit, comme il convient, posée sur les conditions dans lesquelles se produit tel phénomène, sur la façon de le modifier ou de le régler. Les Grecs cherchaient pour chaque fait un *logos*, une raison ; ils se contentaient souvent de la première qui leur paraissait admissible, ou même de la possibilité de choisir entre plusieurs raisons d'apparence également valable. Aucun effort pour prouver sérieusement la vérité de l'explication ; aucun effort pour la préciser de telle sorte qu'elle pût avoir une utilité réelle. „

Nous ne pouvons suivre M. Tannery dans la justification de cette pensée par des exemples, mais on aperçoit quel peut être l'intérêt de son travail. Il a du reste donné lieu à une discussion assez développée, lorsqu'il fut présenté au Congrès, ainsi qu'on peut le voir dans la Revue de Métaphysique et de Morale (1890, pp. 551 et suiv.).

Signalons simplement, bien qu'elles méritent mieux, les études de M. G. Lyon sur la logique inductive dans l'École épicurienne, de M. Landormy sur la mémoire corporelle et la mémoire intellectuelle dans la philosophie de Descartes et enfin de M. G. Belot sur l'idée et la méthode de la philosophie scientifique chez Aug. Comte.

Après ce très rapide coup d'œil, arrêtons-nous devant un mémoire de M. Couturat sur l'*Évolution historique du système de Platon*. Assurément ce sujet échappe à notre compétence et ne rentre guère dans le programme de la Revue des Questions scientifiques ; aussi est-ce à un point de vue spécial que nous allons parler de ce mémoire. M. Couturat résume et discute les travaux de stylométrie de M. Lutoslavski, qui ont renouvelé les études platoniciennes. Or il nous semble que, tout ce qui est proprement philologique dans ces travaux étant supposé accepté, la manipulation mathématique à laquelle sont soumises les données d'ordre philologique présente un caractère si hautement fantaisiste qu'une revue purement scientifique peut se permettre d'intervenir au débat : c'est à ce seul point de vue que nous envisagerons la question ; mais, pour être compréhensible, il est indispensable de résumer les principes de la méthode de M. Lutoslavski.

L'étude si ardue de l'évolution historique du système de Platon doit s'appuyer notamment sur la chronologie des *Dia-*

logues, et l'on sait que leur étude philologique fournit des éléments d'appréciation fort importants sur ce sujet. S'appuyant sur les travaux antérieurs et sur ses propres recherches, M. Lutoslavski a dressé une liste de cinq cents particularités de style *(stylèmes)* qui caractérisent le dernier style de Platon (celui des *Lois*). " Il répartit, dit M. Couturat, ces particularités en *quatre* classes (accidentelles, répétées, importantes, très importantes) auxquelles il assigne respectivement les coefficients 1, 2, 3 et 4. Puis il compte les particularités des diverses classes que contient chaque Dialogue et multiplie le nombre de chaque classe par le coefficient correspondant ; la somme des quatre produits (dont quelques-uns peuvent être nuls) est, pour chaque dialogue, le nombre des *unités d'affinité* qu'il possède en commun avec les *Lois*. Si l'on divise ce nombre par la longueur du dialogue (mesurée en pages de l'édition Didot, la plus uniforme quant au contenu), on obtient un nombre qui mesure l'*affinité relative* du dialogue avec les *Lois* (1). Or on sait que les *Lois* sont le dernier ouvrage de Platon ; c'est d'ailleurs celui qui contient le plus grand nombre (absolu et relatif) des particularités stylistiques considérées. Cela posé, l'auteur formule la loi d'*affinité stylistique* suivante : De deux ouvrages du même auteur et de même étendue, celui-là est le plus voisin dans le temps d'un troisième, qui possède en commun avec celui-ci le plus grand nombre de particularités stylistiques, pourvu qu'on tienne compte de leur importance différente, et que le nombre des particularités observées soit suffisant pour déterminer le caractère stylistique des trois ouvrages. "

Les principes ainsi résumés peuvent sans doute soulever des discussions philologiques, mais assurément ils sont mathématiquement irréprochables. Malheureusement, M. Couturat a inconsciemment corrigé M. Lutoslavski, et c'est avec une stupeur profonde que nous avons constaté la divergence essentielle qui existe entre ces principes et le tableau emprunté à M. Lutoslavski et que nous reproduisons à notre tour, en supprimant simplement la répartition des stylèmes entre les quatre classes, cette répartition étant d'intérêt purement philologique du moment qu'on donne d'ailleurs les nombres d'unités d'affinité, telles qu'elles ont été définies ci-dessus.

(1) En fait, on a pris des nombres proportionnels à ceux-là, de manière à ramener à *un* celui des *Lois*, comme il est naturel (Note de M. Couturat).

Dialogues	Nombre des unités d'affinité	Longueur en pages Didot	Affinité relative
I. GROUPE SOCRATIQUE			
Apologie	16	19,7	0,02
Eutyphron	18	11,7	0,03
Criton	28	9,5	0,04
Charmides	41	18,1	0,06
Laches	51	17,8	0,07
Protagoras	51	39,5	0,07
Ménon	61	23,3	0,08
Euthydème	53	27,9	0,08
Gorgias	89	61,6	0,12
II. PREMIER GROUPE PLATONICIEN			
Cratyle	114	42,3	0,16
Banquet	98	39,3	0,14
Phédon	154	49,2	0,21
République I	49	20,5	0,07
III. GROUPE MOYEN			
République II-IV	225	60,0	0,31
République V-VII	262	60,4	0,36
République VIII-IX	184	33,7	0.26
République X	132	19,3	0,18
Phèdre	220	39,0	0,31
Théétète	233	53,0	0,32
Parménide	243	31,2	0,34
IV. DERNIER GROUPE			
Sophiste	468	39,6	0,65
Politique	493	43,2	0,69
Philèbe	405	43,2	0,56
Timée	427	53,3	0,60
Critias	169	11,2	0,24
Lois	718	236,4	1,00

D'après l'exposé de M. Couturat et d'après la logique, les chiffres de la dernière colonne doivent être, à un facteur constant près, les quotients de ceux qui sont inscrits dans les deux colonnes précédentes. Or il n'en est rien : ils sont, toujours à un facteur constant près, la répétition pure et simple des nombres d'unités d'affinité ! le nombre des pages n'intervient pas. En un mot, puisqu'on ramenait à l'unité le nombre 718 des unités d'affinité des *Lois*, on a divisé par ce nombre tous les autres nombres d'unités d'affinité, quelle que fût la longueur des dialogues où elles avaient été reconnues.

Frappé du plus profond étonnement, nous avons tenu à remonter à la source et, comme nous n'avions pas sous la main

le grand ouvrage de M. Lutoslavski (1), nous nous sommes reporté à une étude abrégée, due à lui-même et insérée dans la Revue des Études grecques de janvier-mars 1898 (2). Nous avons d'ailleurs trouvé tous les détails nécessaires dans cette étude et c'est à elle que nous nous référerons.

On a vu, dans le libellé de la loi stylométrique précédemment reproduit, que M. Lutoslavski viserait *deux ouvrages de même longueur*, ce qui ne permettrait directement que de rares applications. Aussi dans l'article de la Revue des Études grecques, emploie-t-il une formule un peu différente : *De deux échantillons de texte de même longueur...* Cette formule est prise par lui au pied de la lettre, et il condamne formellement le procédé qui consisterait à tout ramener à une commune mesure au moyen d'un calcul proportionnel, tel que lui en prêtait M. Couturat. Pourquoi cette condamnation ? " Une erreur des plus fréquentes, qui récemment a été commise par Ed. Zeller, dit notre auteur, est de croire que le nombre de stylèmes observés dans un échantillon de texte quelconque est proportionnel à la longueur de l'échantillon. Si l'on compare des échantillons de textes contigus d'inégale longueur, on voit aisément qu'il en est autrement „, et il en conclut que " seulement des échantillons d'égale longueur sont comparables „.

La conclusion devrait être tout autre : puisque le nombre des stylèmes n'est pas proportionnel à la longueur du morceau choisi dans un écrit donné, cela prouve que, conformément à la loi des grands nombres, ce n'est pas sur un petit échantillon qu'on peut juger une œuvre, mais sur sa totalité, et que le jugement aura d'autant plus de valeur que cette œuvre sera plus étendue. Détacher des échantillons égaux dans les diverses œuvres, c'est ou introduire le hasard dans l'étude stylométrique ou faire un choix ne pouvant être guidé que par des considérations étrangères à la stylométrie et dicter à celle-ci des conclusions artificielles.

En présence de ce principe du choix d'échantillons égaux, on ne comprend pas ce titre d'*affinité relative* que M. Lutoslavski donne à la dernière colonne de son tableau, car les chiffres qui y sont inscrits ne sont pas calculés d'après des

(1) *The origin and growth of Plato's logic.* London, Longmans, Green and Co, 1897.

(2) *Principes de stylométrie appliqués à la chronologie des œuvres de Platon.*

échantillons égaux mais d'après la totalité de chaque dialogue, en même temps d'ailleurs que, comme nous l'avons dit, la longueur du dialogue n'entre pour rien dans le calcul. Cela n'a plus aucun sens, ni en soi ni même au point de vue de l'auteur. Celui-ci l'avoue bien quelque peu du reste, car il fait suivre son tableau de cette remarque : " En comparant les nombres de cette table, il faut toujours se rappeler que seulement des échantillons de texte d'égale longueur sont comparables „. Alors quel est le but de cet étonnant calcul ?

En fait, dans ses discussions, M. Lutoslavski considère fort souvent la totalité des ouvrages comparés en faisant quelque attention à choisir des ouvrages de longueurs pas trop différentes ; mais il ne tient pas compte de ces différences, pourtant assez sensibles parfois. Voici un exemple :

" Le *Sophiste*, étant la continuation du *Théétète*, doit avoir été écrit plus tard et avoir précédé le *Politique* d'après les indications de Platon lui-même. Cela s'accorde avec la relation stylométrique suivante :

Théét. (53 pages) : $58^{I}\ 41^{II}\ 31^{III}$ (= 233^{I})
Soph. (40 pages) : $139^{I}\ 36^{II}\ 59^{III}\ 20^{IV}$ (= 468^{I})
Polit. (43 pages) : $163^{I}\ 43^{II}\ 56^{III}\ 19^{IV}$ (= 493^{I}). „

Si l'on tient compte du nombre de pages en divisant par ce nombre celui des unités d'affinité, on obtient :

$$\textit{Théét.}\ \frac{233}{53} = 4{,}4$$

$$\textit{Soph.}\ \frac{468}{40} = 11{,}7$$

$$\textit{Polit.}\ \frac{493}{43} = 11{,}5.$$

On voit que, si le *Théétète* est tout à fait à part en tête, l'ordre des deux autres, très voisins d'ailleurs, devrait être renversé.

Dans un autre cas, la différence de longueur paraît vraiment trop grande à M. Lutoslavski, les onze pages du *Critias* ne pouvant être mises en balance avec des échantillons de quarante pages prélevés dans les dialogues dont il paraît devoir être rapproché. Alors que fait-il ? Ne pouvant faire un calcul de proportionnalité en vertu de ses principes, il dilue les dites onze pages du *Critias* dans vingt-neuf pages du *Timée* et ne peut qu'éprouver une douce satisfaction à constater l'affinité stylométrique avec le *Timée* de ce mélange adopté comme représentatif du *Critias !*

On voit quelle confusion règne dans ce que nous avons appelé la manipulation des données stylométriques par M. Lutoslavski, et il est difficile de prévoir dans quelle mesure ses conclusions doivent s'écarter de celles qui résulteraient du calcul de la richesse proportionnelle des divers dialogues en unités stylométriques. Nous donnons le tableau résumant ce calcul. Comme les *Lois* perdent absolument leur situation exceptionnelle, qu'elles ne devaient qu'à leur longueur, nous ne les prenons pas comme terme de comparaison et nous bornons à donner le coefficient stylométrique, ou quotient du nombre des unités stylométriques (1) par le nombre de pages de l'édition Didot. Le classement est fait par ordre croissant des coefficients.

Dialogues	Nombre des unités stylométriques	Longueur en pages Didot	Coefficient stylométrique
Apologie	16	19,7	0,81
Protagoras	51	39,5	1,29
Gorgias	89	61,6	1,44
Eutyphron	18	11,7	1,54
Euthydème	53	27,9	1,90
Charmides	41	18,1	2,26
République I	49	20,7	2,37
Banquet	98	39,3	2,49
Ménon	61	23,3	2,61
Cratyle	114	42,3	2,69
Laches	51	17,8	2,86
Criton	28	9,5	2,95
Lois	718	236,4	3,03
Phédon	154	49,2	3,13
République II-IV	225	60,0	3,75
République V-VII	262	60,4	4,33
Théétète	233	53,0	4,39
République VIII-IX	184	33,7	5,46
Phèdre	220	39,0	5,64
République X	132	19,3	6,84
Parménide	243	31,2	7,78
Timée	427	53,3	8,01
Philèbe	405	43,2	9.37
Politique	493	43,2	11,41
Sophiste	468	39,6	11.82
Critias	169	11,2	15,09

Si l'on fait abstraction des *Lois*, il n'y a, somme toute, que des écarts admissibles entre les deux tableaux de classement. Les

(1) Nous ne disons plus " unités d'affinité ", puisqu'il s'agissait d'affinité avec les *Lois* et qu'il n'en peut plus être question comme on va le voir.

deux derniers groupes de M. Lutoslavski se retrouvent exactement avec de simples remaniements intérieurs ; quant aux deux premiers, ils sont entremêlés, et le *Gorgias*, noté comme écrit après les dialogues socratiques, est le troisième du tableau et présente un coefficient inférieur à la moitié de celui d'un socratique, le *Criton*.

On voit donc que le mal n'est peut-être pas aussi grand qu'on pouvait le croire ; mais il n'était sans doute pas superflu d'appeler l'attention sur les procédés extraordinaires de M. Lutoslavski. Il reste en tout cas à résoudre le problème soulevé par les *Lois :* faute de mieux, on dira que le caractère de cette œuvre diffère beaucoup de celui des autres œuvres de la fin de la vie de Platon. L'argument d'ailleurs ne sera pas si mauvais, et il se présentera d'autant plus décemment que M. Paul Tannery a précisément formulé cette considération à titre d'objection contre la généralité de la méthode stylométrique (1).

G. Lechalas.

II

LE COMMENCEMENT ET LA FIN DE TOUTES CHOSES

SCIENCE ET CROYANCE

C'est un véritable lieu commun de dire que l'importance d'un ouvrage n'est pas toujours fonction de l'épaisseur de son volume. Lorsque parut, en 1637, le fameux *Discours de la Méthode*, les

(1) " Il me paraît tout d'abord qu'il y aurait lieu de spécifier qu'on ne doit considérer que des ouvrages du *même genre*. Je ne crois pas que personne puisse avoir la pensée de comparer (pour la question dont il s'agit) des ouvrages en prose et des ouvrages en vers. Au moins jusqu'à preuve du contraire, il me semblerait tout aussi illusoire de comparer des lettres familières, par exemple, avec des écrits en style soutenu. — Mais pourrait-on opérer utilement sur des *Oraisons funèbres* de Bossuet comparées au *Traité de la Connaissance de Dieu et de soi-même ?* „ (*La stylométrie, ses origines et son présent, dans la* Revue Philosophique, 1899, 1er sem., p. 165).

quarante ou cinquante pages qui le contenaient produisirent une véritable révolution intellectuelle au sein des esprits cultivés ; et les autres écrits philosophiques que Descartes publia par la suite, en développant et étendant sa pensée, puisèrent dans ce premier ouvrage le principe de leur portée et de leur influence.

Ceci soit dit à titre de simple comparaison et sans application à la nature du sujet qui va nous occuper. Il s'agit d'une plaquette de 223 pages seulement, d'ailleurs étrangère aux spéculations philosophiques du penseur tourangeau, mais qui, relativement aux questions qu'elle aborde et résume avec autant de concision que de clarté, offre, à nos yeux, la même importance que si celles-ci eussent été développées en un ou deux compacts in-octavo.

Elle est intitulée : *Autour de la géologie, Études apologétiques*. L'auteur en est M. l'abbé Raingeard, sulpicien, qui professait naguère, au Grand Séminaire de Rodez, l'hébreu et les sciences naturelles.

Il a été rendu compte, en janvier 1903, de la troisième édition de ses *Notions de géologie*, et nous n'avons rien à retirer des éloges que nous avons cru devoir accorder à cet ouvrage. Mais il nous paraît que, sous un moindre volume, les *Études apologétiques* du même auteur ont — bien qu'à un point de vue différent — une valeur plus considérable. Le premier de ces deux ouvrages n'en conserve pas moins son mérite de traité élémentaire pour les commençants et de mémento pour les non-professionnels. Le second a une portée plus générale et plus haute.

On s'en rendra compte par les considérations qui vont suivre.

Le plan général de l'ouvrage comporte deux divisions : la première résume, en un tableau succinct mais très complet, les données et les hypothèses plausibles de la science contemporaine concernant la formation du monde, sa durée, la naissance et le développement de la vie, et les prévisions de cette même science quant au *terminus* de la terre et du monde. La seconde division reprend les mêmes questions telles que la Foi et la Révélation tes enseignent, pour montrer comment celles-là se concilient avec celles-ci soit suivant la méthode purement concordiste, soit suivant la méthode idéaliste à laquelle l'évêque de Clifton, Mgr Clifford, a attaché son nom, soit enfin suivant une méthode mixte faisant la part, dans l'interprétation des textes sacrés, et du côté historique ou réel, et du côté idéaliste ou symbolique.

I

DÉBATS SCIENTIFIQUES

§ 1er. *Les origines.* — Et d'abord sur l'origine du monde, de l'univers, la science a aujourd'hui des aperçus que ne soupçonnaient ni l'antiquité ni la période médiévale. L'idée du chaos originaire, même chez les païens, provenait d'une tradition remontant inconsciemment à la révélation primitive. Ce n'est guère qu'à l'aurore des temps modernes, après que Copernic, Kepler, Galilée, Newton eurent découvert les lois qui président à l'ordre, à la répartition et aux mouvements des corps célestes, la Terre comprise, que la notion *scientifique* du chaos primitif commença à se faire jour. Kant, à qui l'on fait honneur de l'avoir conçue le premier, en avait probablement puisé l'inspiration dans les hypothèses cosmogoniques de Descartes, et Buffon avait de son côté émis des vues originales sur la question. Puis vint Laplace qui coordonna, en une théorie admirablement liée, les éléments épars et au besoin rectifiés d'une cosmogonie scientifique.

Les progrès accomplis depuis ce grand géomètre ont amené ses successeurs à modifier plus ou moins profondément le système, mais en le faisant toujours reposer sur la double base d'une matière primordiale infiniment diluée et d'une ou plusieurs impulsions initiales ayant permis le passage à l'acte de l'immense somme d'énergie potentielle accumulée dans la masse chaotique.

Notre auteur expose et discute les données de la science appliquées à l'hypothèse nébulaire et à l'origine des systèmes stellaires pour en faire l'application à la théorie de Laplace et à celle de feu M. Faye (1), principalement en ce qui concerne notre système solaire.

(1) Quant à la *Formation mécanique du système du monde* du colonel du Ligondès, notre auteur paraît n'en avoir eu que tardivement connaissance ; il n'en parle qu'en une note placée à la fin de l'ouvrage et intitulée : *Complément de l'hypothèse de Faye*, dans laquelle il énonce les grandes lignes de la théorie du savant colonel. — Observons que, dans ces différents systèmes, Laplace, Faye ou du Ligondès, les divergences portent sur les modes de répartition, d'impulsion et de direction de mouvements des éléments matériels. Le point de départ est le même.

De là suit naturellement l'historique de la formation du globe terrestre, ou plutôt des théories qui ont cherché à l'expliquer ; écoles neptunienne et plutonienne, système des catastrophes et théorie des causes actuelles ; critique judicieuse des unes et des autres, exposé sommaire, avec figures à l'appui dans le texte, des grandes lignes de la géologie ; discussion méthodique des données concernant la durée probable de chacune des grandes époques de l'histoire du globe jusques et y compris les âges de la pierre, du bronze et du fer attribués à l'ère quaternaire. Ceci constitue un résumé succinct des *Notions de géologie* qui permet à ces *Études apologétiques* de former un tout indépendant et complet par lui-même, en même temps qu'un appendice utile au premier de ces deux ouvrages.

Nous arrivons alors à un ordre de questions plus particulièrement délicates : il s'agit de l'origine et du développement de la vie sur le globe, ce qui implique l'examen des théories transformistes ou évolutionnistes.

En ce qui nous concerne, nous nous sommes, à plusieurs reprises, expliqué assez clairement sur ces théories pour avoir, pensons-nous, quelque droit à envisager avec impartialité les jugements qui peuvent être portés à leur égard. Estimant qu'elles reposent et reposeront probablement toujours sur des preuves inadéquates et insuffisantes, ce qui interdit de les ériger en dogme de la science comme le voudraient leurs partisans les plus ardents, nous croyons aussi que c'est tomber dans une exagération contraire et non moins funeste que de les repousser sans examen et *à priori*, comme reposant sur une impossibilité métaphysique.

Il est incontestable assurément que d'une cause donnée ne peut sortir un effet supérieur à cette cause ; c'est là une donnée élémentaire de la raison, et cette objection est parfaitement valable contre la génération, spontanée, par exemple (telle du moins que la comprend l'école matérialiste), comme aussi contre la naissance de la vie, par le seul jeu fortuit des éléments minéraux.

Nous ne croyons pas toutefois qu'une telle objection soit de mise contre une théorie transformiste sainement entendue. Supposer une succession d'organismes se perfectionnant de génération en génération n'impliquerait des effets supérieurs à leurs causes que si nul autre agent que la génération elle-même n'intervenait dans ces perfectionnements. Mais aucun évolutionniste *désintéressé*, c'est-à-dire partisan de la théorie sans aucun

but extrascientifique, n'imagine qu'un organisme plus parfait peut sortir d'un organisme inférieur par la seule et unique vertu de ce dernier. Sans discuter la valeur relative des circonstances concomitantes ordinairement invoquées : sélection naturelle, lutte pour la vie, influence des milieux, des climats, etc., observons que ces circonstances s'ajoutant à l'action procréatrice (végétale ou animale) peuvent suffire à établir une somme de causes aisément supérieure à l'effet consistant dans le perfectionnement très peu sensible, presque imperceptible, réalisé sur une génération, relativement à la génération immédiatement précédente. Et ces circonstances se perpétuant et continuant à agir, on conçoit la *possibilité* — nous nous garderons bien de dire la *réalité* — d'une suite de transformations améliorantes causées par l'adjonction, à l'action génératrice, de ces causes extérieures (1).

Nous ne sommes donc pas ici en présence du sophisme consistant à faire sortir le plus du moins ou à admettre que ce qui commence d'être peut n'avoir pas de cause ; et l'hypothèse évolutionniste sainement entendue ne se heurte pas à cette objection de principe.

Du reste notre auteur, qui se livre à un examen approfondi des considérations militant *pour* ou *contre* le système de l'évolution transformiste, ne mentionne point cet argument : rarement d'ailleurs mis en avant, il l'a été suffisamment toutefois pour qu'il ne soit pas inutile de le signaler en le réfutant.

Que la vie n'ait pas toujours existé sur notre sphéroïde, c'est un fait scientifiquement constaté, la haute température initiale étant exclusive de toute vie organique. Mais comment a-t-elle apparu? L'hypothèse de la génération spontanée étant écartée — et M. Raingeard, même en dehors de la constatation de fait, en démontre scientifiquement l'impossibilité — il semblerait que les biologistes devraient se borner à constater l'apparition de la vie et à en étudier l'évolution et les développements, sans chercher à expliquer une origine qui échappe à l'observation ; pour une école qui se targue de n'admettre exclusivement, comme

(1) Certains évolutionnistes invoquent une sorte de " principe immanent " dirigeant l'évolution différentiatrice suivant un plan harmonieux et préconçu : c'est, ici, l'adjonction des causes finales, laquelle n'exclut aucunement l'action efficiente des causes extérieures. D'autres admettent une intervention divine (pouvant d'ailleurs revêtir la forme d'une loi générale) s'exerçant dans l'embryon même. Dans l'un et l'autre cas, le principe de causalité reste hors d'atteinte.

critérium de ses découvertes, que l'observation, une telle attitude serait parfaitement logique et vraiment scientifique.

Nous eussions aimé à voir notre auteur insister sur ce point. Il se borne à établir par des faits tirés de la cristallographie et de l'embryogénie : 1° que les forces physico-chimiques sont impuissantes à faire naître la vie ; 2° que la vie, sous notre observation, n'apparaît jamais que par l'action d'un germe préexistant en un milieu approprié ; 3° enfin que les substances organiques, susceptibles de recevoir la vie, ne sont jamais élaborées en dehors des organismes. D'où cette conclusion, fort légitime pour qui ne circonscrit pas arbitrairement le domaine de la raison dans la seule matérialité des faits, qu'il faut, pour faire éclore la vie, l'action d'une force, d'une puissance supérieure à la nature inorganique.

Nous avons le droit de tirer cette conclusion, nous qui ne limitons pas le domaine de la connaissance à l'unique série des faits matériellement constatables. Mais nos adversaires, en cherchant une explication différente et qu'aucune observation ne peut corroborer, sortent de leur rôle : eux qui nient toute métaphysique, font de la métaphysique sans le savoir (comme M. Jourdain faisait de la prose), mais une métaphysique à rebours et contraire à la saine raison.

§ 2. *Transformisme et fixisme.* — Le fait de l'apparition de la vie étant établi, des considérations tirées de la loi de continuité, de l'unité de plan, des faits révélés par l'embryogénie, du caractère flottant et souvent indécis des espèces actuelles, ont suggéré l'idée de l'évolution transformiste ; et l'étude de la paléontologie donne à cette idée une confirmation partielle.

Mais à chacune de ces considérations correspondent des considérations différentes ou opposées.

La loi de continuité, dans la conception théiste, s'explique très naturellement par l'apparition de chaque espèce vivante au moment où les conditions ambiantes étaient devenues propres à son existence, ces conditions étant ordonnées suivant une évolution progressive à laquelle correspondait celle des êtres vivants. Que si l'on veut admettre une dérivation nécessaire des êtres les uns des autres, la loi de continuité, en ce cas, souffre autant d'exceptions qu'il apparaît de natures *essentiellement* différentes. D'ores et déjà nous avons quatre ordres d'essences différentes : l'ordre inorganique, l'ordre de la vie végétative, l'ordre de la vie sensitive et celui de la vie raisonnable. Ce dernier mis à part et

réservé, la question est de savoir si, dans chaque règne, à chaque *espèce* au sens naturaliste, correspond une *essence* au sens ontologique. Tout d'abord les anti-transformistes répondront, non sans raison, que la très grande multiplicité des espèces introduites en histoire naturelle pour la commodité des classifications est tout artificielle et ne correspond pas à une *spécificéité* essentielle; celle-ci est sans doute beaucoup plus restreinte. Mais il n'est pas interdit de se demander d'autre part si les essences matérielles ne se réduiraient pas, en tant qu'essences, aux ordres ci-dessus, en sorte que nous aurions : l'essence *inorganique* comprenant tous les minéraux solides, liquides ou gazeux; l'essence *végétale*, comprenant toutes les plantes et impliquant la vie à son stade inférieur; l'essence *animale* comprenant toute vie à la fois végétative et sensitive guidée par l'instinct, la connaissance sensible à divers degrés et les appétits; et enfin, en dehors et au-dessus des précédentes, l'essence ou espèce *humaine* caractérisée par la possession de la raison, refusée aux autres.

Ou bien, si cette réduction à quatre essences seulement des êtres composant l'univers, paraît trop radicale, il est encore permis de se demander si les essences ontologiques des êtres ne correspondraient pas à quelque chose comme les *embranchements* ou même les *classes* de naturalistes (1).

M. Raingeard fait à peine une allusion sommaire à ce point de

(1) Dans un important travail publié par la Revue de Philosophie d'août dernier, sur *Le problème métaphysique du Mixte*, destiné à élucider la question de savoir s'il y a des " changements substantiels „ dans le monde minéral, l'auteur, M. Charousset, en vient incidemment à s'occuper des êtres vivants et arrive, comme conclusion, à cette loi générale : " Tout être vivant vient d'un autre être vivant *de même espèce*. „ Ceci semblerait, au premier abord, renverser de fond en comble le principe même de l'hypothèse transformiste. Mais l'auteur fait remarquer à deux reprises (pp. 667 et 673), qu'il prend le mot *espèce* au sens *ontologique* ; il observe aussi que « les espèces vivantes, quoique invariables dans leur *essence*, sont pourtant plus ou moins variables dans leurs conditions organiques, y compris même leurs instincts „. Puis, se posant cette question : Jusqu'où peut aller cette variabilité ? il ajoute : " Il serait peu scientifique, il serait plus que téméraire d'oser en déterminer actuellement toutes les formes pour n'importe quelle espèce vivante : l'expérience viendrait sûrement, tôt ou tard, infliger un démenti. „

On voit que la question de possibilité ou d'impossibilité métaphysique de la théorie transformiste se résout toujours dans celle de la distinction entre la signification du mot *espèce* telle que l'entendent les naturalistes et celle qu'on lui donne en ontologie.

vue, et c'est pour déclarer que l'on en ignore la possibilité métaphysique. Mieux vaut assurément reconnaître que l'on *ignore* cette possibilité que de la nier *à priori*. Par là n'est pas fermée la porte aux futures constatations de fait auxquelles la science peut être amenée. Car si les faits paléontologiques constatés jusqu'ici sont insuffisants à établir la loi d'évolution transformiste, ils en suggèrent cependant l'idée; et il n'est pas impossible (bien que ce soit peu probable) qu'ils deviennent un jour assez nombreux pour combler toutes les lacunes et permettre de tracer enfin, dans chaque règne, ce magnifique et complet réseau d'enchaînements de types naissant les uns des autres entrevu par la théorie, bien que donné beaucoup trop hâtivement comme chose acquise par les enthousiastes de l'évolution (1).

Il y a donc sagesse à s'en tenir à une prudente dubitative, plutôt qu'à s'enfermer dans une négative théorique préconçue, que des faits plus nombreux et plus concluants pourraient infirmer un jour.

Cette réserve faite, l'argument transformiste tiré de l'unité de plan n'est valable qu'en s'en tenant aux traits généraux, et même de plus en plus généraux à mesure qu'on envisage des groupes plus étendus. Or soit que les proto-organismes aient paru par création directe ou par génération spontanée (ce qui ne serait d'ailleurs au fond que la création directe), on ne peut guère comprendre qu'ils n'aient point paru en très grand nombre simultanément et à diverses époques. D'où il suit que l'unité de

(1) Depuis que ces pages sont écrites, une bienveillante communication a mis sous nos yeux divers textes de saint Thomas d'Aquin, desquels il résulterait que l'Ange de l'École réunissait en un seul genre, dont il formait deux espèces seulement, l'humanité et l'animalité. Citons-en quelques uns :

Homo, etsi conveniat in genere cum aliis animalibus, specie tamen differt (Sum. theol. Pars 1ª, q. 78, a. 3, ad prim.).

Rationale et irrationale sunt differentiæ divisivæ animalis, diversas ejus species constituentes (Ibid., Pars 1ª, q. 77, a. 3, corp.).

Les passages suivants sont encore plus explicites :

Anima sensitiva in animalibus CONSTITUIT SPECIEM, *quia consideratur ut ultima forma* (Ibid., Pars 3ª, q. 2, a. 5, ad prim.).

Dicendum est quod nulla alia forma substantialis est in homine nisi anima intellectualis ... ET SIMILITER EST DICENDUM *de anima sensitiva in brutis* (Ibid., Pars 1ª, q. 70, art. corp.).

Ces textes et plusieurs autres du saint Docteur que nous pourrions citer semblent bien indiquer qu'il considère le règne animal tout entier comme une seule espèce ontologique ou métaphysique; et cela couperait court à toute objection de cet ordre.

plan n'implique pas une loi de descendance pour l'ensemble des régnes organiques, mais seulement une loi commune d'évolution pouvant permettre, il est vrai, certaines tendances spécifiques par groupes, mais supposant, quant aux grandes divisions et aux groupements les plus généraux, une parenté seulement idéale.

Toutefois nous ne saurions souscrire, sans quelque restriction, à la considération suivante de notre auteur : " On se demandera alors, dit-il, si, même pour la même classe, pour la même famille d'animaux supérieurs, *on astreindra* Dieu ou la Nature à prendre le point de départ de son œuvre dans un germe unique ". D'où cette conclusion : " Voilá donc l'argument tiré de l'unité de plan bien ébranlé ".

Il ne s'agit pas ici, nous paraît-il, d'*astreindre* soit Dieu, c'est-à-dire la Cause première, soit la Nature, c'est-à-dire les causes secondes, à procéder de telle ou telle façon, mais seulement d'admettre ou tout au moins de supposer la possibilité de ce mode de développement spécifique. Assurément il n'est pas plus difficile à la Cause créatrice d'intervenir directement pour chaque espèce que seulement pour un petit nombre de groupements généraux ; et à ce point de vue l'unité de plan ne saurait constituer une *preuve* en faveur du transformisme, même divisé, réparti en groupes plus ou moins nombreux ; mais elle peut constituer une *présomption* dont il resterait d'ailleurs à discuter les aspects favorables ou défectueux.

Les faits tirés de l'embryogénie ne sont pas plus probants que l'unité de plan ; ils confirment celle-ci, voilá tout. Les tenants de l'école transformiste sont contraints d'en convenir : M. Edmond Perriér lui-même constate que l'embryon humain n'est, à aucune phase de son développement, un véritable zoophyte, et pas davantage, à une période plus avancée, un reptile ou un poisson. M. Albert Gaudry trouve difficile de supposer qu'un reptile a eu les mêmes ancêtres qu'un mammifère, vu l'extrême distance qui les sépare dès le début embryogénique.

L'indétermination des espèces, tant en botanique qu'en zoologie, prête á des arguments en sens opposés. Certaines formes voisines paraissent irréductibles : le lion et le tigre, tous deux *félins ;* le chien et le loup, tous deux *canidés ;* ou encore, parmi les plantes, l'yeuse et le rouvre, l'un et l'autre du genre *quercus ;* ou bien l'arole des hautes cimes alpines *(Pinus cembra)* et le pin parasol ou pignon des bords de la Méditerranée *(P. pinea).* Et cependant du chien de berger extérieurement si voisin du loup,

au boule-dogue ou au King-Charles, quelle énorme différence de formes !... Il existe une variété de chêne *(Q. castaneifolia)* qui ressemble tellement au châtaignier qu'il faut le voir fructifier en glands pour s'assurer qu'il est bien un chêne. Vus à côté l'un de l'autre, une Arole et un Pignon semblent n'avoir de commun que la forme aciculaire de leurs feuilles.

D'autres fois une espèce bien caractérisée subira, suivant les changements de milieux, des différences d'aspect qui la feront classer en espèces, voire en genres différents. Un crustacé du genre Artémia, l'*Artemia salina*, vit dans les lacs salés de faible salure. En augmentant progressivement la salure d'un réservoir on peut, en quelques générations, faire descendre de l'Artémia salina l'*Artemia Mülhausenii* qui se distingue de son ancêtre par l'absence d'épines sur les lobes de la queue. Mais si, au lieu d'augmenter la salure de l'eau, on la diminue graduellement jusqu'à la réduire à l'état d'eau douce, c'est non plus une nouvelle espèce, mais bien un genre différent, *Branchipus stagnalis*, qui sortira de l'Artémia salina !

L'Amblystome du Mexique, amphibien caducibranche engendré par un perennibranche, l'axolotl, fournirait un exemple analogue.

De ces faits et d'autres semblables, transformistes et antitransformistes peuvent tirer, chacun à leur point de vue, des arguments à l'appui de leur thèse : les premiers en concluront, par généralisation, à la transformation par les variations de milieux ; les seconds en déduiront cette conséquence que, dans le sein d'une espèce donnée, de grands changements morphologiques peuvent se produire soit par effet de modification naturelle des climats ou des milieux, soit par l'industrie de l'homme, sans altérer d'ailleurs les caractères fondamentaux de l'espèce : car il suffira de faire repasser *Branchipus stagnalis* de l'eau douce dans l'eau moyennement salée pour le faire redevenir *Artemia Mülhausenii*, et ensuite dans une eau saline concentrée, pour le ramener au type primitif.

Une autre cause de difficulté ou d'incertitude réside dans ce fait que certaines espèces zoologiques très tranchées d'un même genre, comme cheval, âne, zèbre, hémione, daw, du genre *équidé*, ne diffèrent guère que par les formes extérieures, le squelette et la dentition ne présentant pas de différences fondamentales. Au point de vue transformiste, quelle est leur origine commune? La série des éohippus, orohippus, mésohippus, miohippus... et hipparion s'est-elle résolue finalement en toutes ces espèces différentes d'équidés ? Ou bien chacune d'elles, au

contraire, a-t-elle eu, comme ancêtres, sa série particulière de éonagrus, oronagrus, mesonagrus,... onagrion, etc.? Question insoluble, puisque les caractères spécifiques actuels sont dus exclusivement au revêtement charnu, pileux, etc., de squelettes sensiblement semblables, et que des ancêtres ou prétendus tels de ces diverses espèces nous ne connaissons et ne connaîtrons jamais que quelques ossements.

Une remarque analogue quoique non identique pourrait être faite à l'occasion des proboscidiens. On a pu retrouver, il est vrai, revêtu de ses chairs, grâce aux glaces de la Sibérie arctique, l'avant-dernier représentant de cette famille, l'*Elephas primigenius* ou *Mammouth* quaternaire. Mais de celui-ci en remontant au Mastodonte tertiaire, on connaît toute une gradation de types dont M. Albert Gaudry a pu déduire un arbre généalogique très complet et suivant lequel le passage du genre *Mastodon* au genre *Elephas* est absolument insensible (1). Cette classification est fondée à peu près tout entière sur la dentition, le nombre et les dimensions des défenses, les autres parties du squelette ne présentant pas, d'un type à l'autre, des différences suffisamment caractérisques. Mais qui nous dit, qui nous prouve, que quand ces divers types se succédaient vivants et animés pendant la longue durée des temps tertiaires et postpliocènes, ils ne présentaient pas dans leurs formes extérieures, dans leurs systèmes nerveux, musculaire, circulatoire, etc., voire dans leurs instincts, des caractères beaucoup plus variés et pouvant les différencier profondément, alors que leur dentition était le plus rapprochée?

Ici encore la question reste sans réponse et le restera vraisemblablement toujours.

Les mêmes incertitudes existent pour le règne végétal. Sans doute certaines plantes fossiles ont été retrouvées assez complètes pour qu'on ait pu les classer avec quasi-certitude : mais combien d'autres qu'on a dû déterminer sur de faibles débris! Une feuille, un lambeau d'écorce ou de tissu ligneux, le plus souvent silicifiés ou reconnaissables seulement par empreintes (2)!

Un des grands arguments des transformistes est que l'histoire

(1) Cf. Albert Gaudry : *Mammifères tertiaires* et *Les Ancêtres de nos animaux.*

(2) Comme exemples récents de détermination de végétaux fossiles sur des débris incomplets, nous pouvons citer :

1o *Note sur les Bois silicifiés permiens, de la vallée de Celles* (*Vosges*), par P. Fliche, professeur à l'École forestière : deux échantillons de bois

de la nature disparue est un livre dont il ne nous reste que quelques pages, et des pages incomplètes, mais que le mode d'harmonie que révèlent ces pages à demi effacées implique son extension sans changements et sans lacunes dans le livre tout entier. Il est juste de reconnaître que, plus d'une fois, les progrès des découvertes paléontologiques ont paru confirmer cette conjecture : plus d'une fois, il est vrai, mais non pas toujours. Et cela suffit pour que l'argument puisse être retourné et permette de conclure que si la théorie semble se vérifier dans certains cas, rien ne prouve qu'elle s'étende à tous et corresponde à une loi générale et indéfectible.

Au résumé notre auteur, après examen consciencieux des motifs pour et contre, conclut finalement dans le sens antitransformiste. C'est assurément son droit; mais nous serions, quant à nous, moins affirmatif, estimant que le problème reste irrésolu. On ignore, en somme, de quel procédé Dieu s'est servi pour accomplir la création ; et c'est sur cette ignorance, comme l'a si judicieusement observé le savant abbé Boulay, que s'appuient les thèses fixistes aussi bien que transformistes. Il se peut même que le souverain Auteur de toutes choses n'ait pas suivi le même mode de formation pour les différentes séries d'êtres ; et peut-être résiderait en cela le secret des observations et objections contradictoires que fixistes et transformistes s'opposent les uns aux autres. On en est réduit aux conjectures.

silicifié sont reconnus appartenir, l'un à l'*Araucaroxylon valdajonense*, A. Mougeot, l'autre à l'*Araucarites valdajonensis*, id.

2° *Sur les corps problématiques et les Algues du Trias en Lorraine*, du même auteur (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 30 mai 1903), qui établit que ces corps, dont l'attribution à des Algues aurait paru douteuse, proviennent cependant d'êtres organisés, " ne fût-ce qu'à titre de piste ". Rencontrés exclusivement dans le Trias moyen et supérieur, ces objets seraient attribués par l'auteur aux genres *Gyrochorte, Palæophycus, Chondrites, Bactryllium* et *Spongillopsis*.

3° *Sur les Lycopodinées du Trias en Lorraine*, du même (Comptes rendus, 6 avril 1903), établissant que ces types que l'on avait cru exclusifs des étages paléozoïques, se rencontrent aussi à la base des formations secondaires.

De telles déterminations dénotent chez leurs auteurs une sagacité merveilleuse au service d'une science approfondie, mais elles ne prouvent rien quant aux théories transformistes. Elles reposent sur de menus fragments dont l'origine organique a pu même être contestée. Est-il bien sûr que la découverte de fossiles plus complets s'y rapportant n'obligerait pas les spécialistes à modifier plus ou moins leurs déterminations ? Tout est doute et incertitude dans l'histoire paléontologique du globe.

§ 3. — *Caractéristique de l'espèce humaine.* Il est rationnel, toutefois, d'être beaucoup plus affirmatif en ce qui concerne la prétendue origine bestiale ou prosimienne de l'homme. Sans admettre, comme quelques-uns, que la non-application à notre espèce du processus transformiste, renverse toute la thèse évolutionniste dans les deux règnes organiques inférieurs, ce qui semblerait refuser à Dieu la liberté de procéder de différentes façons dans les différentes phases de son œuvre créatrice, il faut reconnaître que les théories transformistes rencontrent, quand il s'agit de l'homme, des objections d'une force inconnue jusque-là.

Il y a d'abord la possession de la raison, d'où découlent le sens moral et religieux et le libre arbitre. M. Raingeard écarte, à tort selon nous, cette considération comme étant d'ordre philosophique et non d'ordre scientifique : nous croyons au contraire qu'elle ressortit à l'un et à l'autre; nous n'en voulons pour preuve que les efforts inlassables autant que vains d'ailleurs, des savants matérialistes pour faire dériver les facultés d'abstraction et de généralisation qui caractérisent la connaissance humaine et la font intelligible et rationnelle, des appétits, des instincts et de la connaissance particulière et concrète que possèdent les représentants supérieurs de l'animalité, ou bien encore pour trouver, dans les lobes du cerveau, l'organe des idées pures.

Là est la différenciation fondamentale, l'abîme infranchissable qui sépare à jamais l'*animal rationale,* c'est-à-dire l'homme, de l'animal proprement dit, *animal brutum.* Sans doute les différences organiques — telles que station verticale, conformation spéciale de la main et du pied, atténuation des os de la face au profit de la capacité crânienne, proportionnellement triple de celle des plus parfaits quadrumanes — ces caractères sont d'une importance majeure et mettent l'homme à une distance immense au-dessus de ceux-ci ; entre l'humanité de l'animalité, suffisent-ils toutefois à établir un hiatus irréductible? Nous ne le pensons pas, parce que s'ils conditionnent, incomparablement mieux que tous autres, le fonctionnement des facultés intellectuelles, ils ne les créent pas, ils ne sont pas vis-à-vis d'elles dans la relation de cause à effet. Que si l'on suppose abstractivement le don de la raison infusé tout à coup à un mammifère supérieur, les facultés en résultant s'exerceraient plus difficilement. plus confusément, plus élémentairement, que servies par un cerveau et des organes humains qui sont spécialement appropriés à cet effet, mais elles n'en seraient plus absentes comme elles le sont en réalité.

Les caractères organiques du corps humain ne constituent

donc pas une preuve absolue, mais seulement une très forte présomption, en faveur de la distance infranchissable qui sépare l'homme des animaux même les plus élevés dans la série zoologique. Ils présentent cependant, au point de vue transformiste, cette particularité importante que de l'aveu même de l'illustre émule de Darwin, Wallace, ils ne peuvent s'expliquer ni par l'action du milieu, ni par un effort vers la satisfaction d'un besoin ; et le célèbre transformiste britannique voit là une action de la Providence destinant l'homme à être, par rapport aux animaux, ce qu'est Dieu par rapport à l'homme. Mais Sir Wallace était spiritualiste et même, croyons-nous, chrétien. Un anthropologiste contemporain qui ne dissimule pas ses vues matérialistes et qui même considère la psychologie comme une branche de la physiologie (!), le savant professeur Topinard, avoue qu'un *abîme* sépare l'organisme de l'homme de celui des anthropoïdes les plus perfectionnés (1).

Quant aux restes fossiles du prétendu anthropopithèque ou proanthropos, ils échappent constamment, et comme avec une malicieuse ironie, aux recherches ardentes des fanatiques de la descendance simienne ; et les trois ou quatre fragments épars, provenant peut-être d'individus différents, trouvés à Trinil (Java) dans des terrains de formation incertaine (une ou deux dents, un morceau de voûte crânienne et un fragment de fémur) ne fournissent pas encore le pithécanthrope ou l'alalus rêvé par les Hæckel, les Mortillet et leur école : il faudra chercher ailleurs.

Le découvrît-on un jour — ce qui est au moins douteux — l'on n'en saurait rien conclure légitimement contre l'origine spéciale et distincte de l'homme éclairé par le flambeau de la raison, laquelle ne saurait jamais dériver des appétits et des instincts animaux, si perfectionnés qu'on les suppose.

§ 4. *Eschatologie.* — Comme l'univers a eu un commencement, il est destiné à avoir une fin, un terme ; c'est ce que la science reconnaît aujourd'hui. En ce qui concerne l'ensemble de la création remplissant l'infinité des espaces intersidéraux, s'il est vrai que le perpétuel échange d'énergie potentielle et d'énergie actuelle ou vibratoire — d'où résulte le fonctionnement de l'immense machine céleste, comme aussi de toute l'activité tellurique — se résout incessamment par un excédant de la seconde

(1) Cf. Topinard : *Science et foi.* L'ANTHROPOLOGIE ET LA SCIENCE SOCIALE, 1900. Paris, Masson.

sur la première, un moment viendra forcément, quelle que soit la durée incalculable qu'il réclame, où, toute la provision d'énergie potentielle étant dépensée, cet échange vital ne pourra plus se réaliser et où, par suite, se produira un état comparable à la mort : l'énergie active s'éteindra ensuite peu à peu dans le froid glacial de l'espace indéfini.

La création universelle serait donc destinée, d'après les données scientifiques actuelles, à finir par le froid. Il est vrai que, pour en arriver là, il faudrait supputer les myriades de siècles en des nombres dépassant les limites de notre imagination.

Mais avant cette fin ultime de la création tout entière, l'heure de la mort peut sonner pour telle ou telle fraction de l'ensemble, bien longtemps avant le terme final.

Considérons notre Soleil que sa lumière jaune classe parmi les étoiles arrivant au commencement de leur déclin (tandis que la lumière d'un blanc éclatant d'étoiles telles que Sirius, par exemple, indiquerait le plein épanouissement de la maturité). La théorie la plus plausible pour expliquer le maintien de son rayonnement calorifique et lumineux dans un état constant de température et de clarté, est celle de la concentration continue de son volume. Le calcul établit qu'il suffit pour cela d'une diminution de $\frac{1}{120\,000}$ de son diamètre en un siècle, ou, en valeur angulaire, de 33 centièmes de seconde en 2000 ans ; et la constatation de cette diminution de volume est tellement minime qu'elle échappe à tous nos moyens d'observation (1). Un perpétuel apport de la chaleur interne de la masse solaire à la photosphère ne s'en produit pas moins pour réparer la perte de chaleur externe résultant de l'immense rayonnement de la photosphère. En sorte que tôt ou tard — plus tard que tôt, probablement — un moment viendra où la déperdition extérieure sera plus considérable que l'apport de chaleur intérieure. Alors la photosphère diminuera peu à peu d'éclat et finira par s'éteindre, l'astre en décroissance n'envoyant plus à la Terre qu'une lumière affaiblie et une chaleur insuffisante pour y entretenir la vie à sa surface.

Mais à cette époque nécessairement fort lointaine, la vie aurait pu déjà disparaître depuis longtemps sur notre globe par d'autres causes : la dénivellation des montagnes par la corrosion des eaux marines et fluviales, réduisant la surface du sol

(1) Cf. *Le Problème solaire*, par l'abbé Th. Moreux, pp. 91-92, 1900. Paris, Retaux.

terrestre, par la suppression de tout relief, à l'état d'une vaste lagune (1) ; l'absorption des eaux et de l'atmosphère elle-même dans l'épaisseur de l'écorce terrestre accrue par la continuation du refroidissement du noyau igné (2) ; une éruption volcanique extrêmement violente, d'une éventualité peu probable, mais non impossible, qui, s'étendant simultanément sur une portion notable de notre sphéroïde, y déterminerait un incendie général ; la traversée, dans notre voyage à la suite du Soleil par les espaces sans fin, d'un nuage cosmique composé de multitudes d'astéroïdes qui bombarderaient notre planète, ou bien de vapeurs portées à une très haute température telles qu'on se représente certaines nébuleuses irrésolubles (3).

Ainsi soit par le froid, soit par l'eau, soit par le manque d'eau et d'air, soit par le feu — il n'y a que l'embarras du choix — le monde doit finir, qu'il s'agisse de notre planète considérée isolément, ou de notre système solaire, ou de l'ensemble de la création universelle.

Telles sont du moins les prévisions plausibles et rationnelles de la science.

II

DONNÉES SCRIPTURAIRES

Après avoir exposé à grands traits l'histoire des origines du monde et du développement de la vie, le caractère qui distingue l'homme et en fait un être à part, enfin les probabilités ou possibilités concernant la fin inévitable du monde et de l'univers, tels que la raison et les données les plus plausibles de la science nous permettent de les concevoir, il convient de reprendre ces mêmes questions au point de vue des données fournies par l'Écriture Sainte et les enseignements de l'Église et de montrer que soit avec accord, soit au moins sans désaccord, les deux enseignements suivent des voies parallèles sans se contredire jamais.

(1) Cf. A. de Lapparent, *La Destinée de la terre ferme*, dans le *Compte rendu* du Congrès scientifique international de 1891, et dans la Revue des Questions scientifiques, juillet 1893.

(2) Cf. Stanislas Meunier, *Géologie générale*, 1903 ; et *Géologie comparée*, 1895. Paris, Alcan.

(3) Cf. Revue des Questions scientifiques, juillet 1893 : *Eschatologie*.

Chemin faisant, nous apprécierons sous ce rapport l'œuvre de l'auteur qui nous sert de guide sans nous astreindre toutefois à le suivre pas à pas.

Rappelons rapidement les principes sur lesquels repose toute sérieuse exégèse comparée de l'Écriture Sainte et des sciences naturelles ; insistons notamment sur cette considération fondamentale que la Bible ne touche aux faits d'ordre scientifique qu'incidemment, accidentellement, et seulement dans la mesure où ils sont utiles aux fins qu'elle se propose, à savoir l'instruction religieuse et morale du peuple juif et, par lui, du reste des hommes. Les faits scientifiques ne la préoccupent pas en eux-mêmes, ce sont choses abandonnées par elle à leurs libres recherches : *tradidit mundum disputationi eorum.*

Ce point admis, s'il se rencontre dans les textes des énonciations qui étonnent nos vues contemporaines, notre état d'esprit du xxe siècle, il faut se demander deux choses : 1° si l'énoncé qui nous surprend répond à une vérité fondamentale ou à une forme de langage, à un symbole accessoire ; 2° s'il ne correspond pas plus particulièrement au langage courant et populaire, le seul qui pût être compris du peuple auquel s'adressaient les écrivains sacrés.

Il y a lieu aussi, dans les cas douteux, de s'enquérir de l'opinion des Pères de l'Église, laquelle n'est pas toujours unanime, ce qui laisse toute latitude à l'interprétation ; dans le cas où elle est unanime, il y a lieu d'examiner si elle intéresse directement la foi ou les mœurs.

§ 1er. *Les origines.* — En appliquant ces principes, nous conclurons d'abord du premier verset de toute la Genèse, *In principio Deus creavit coelum et terram,* que le monde n'existe pas par lui-même, qu'il a eu un commencement et que Dieu en est l'Auteur.

Or la science nous apprend, de son côté, que le monde n'a pas toujours existé ; la raison, d'autre part, nous enseigne qu'il n'a pu, n'existant pas, se créer lui-même, et que par conséquent sa création est due à un Être supérieur à lui et existant par lui-même. Toute autre conception de l'origine du monde aboutit à l'impossible et à l'absurde.

Le premier verset du chapitre 1er de la Genèse peut s'interpréter de deux façons également admissibles : on peut le considérer comme une vue d'ensemble dont ce qui le suit n'est

que le résumé ; ou bien le prendre comme l'œuvre créatrice antérieure à la formation du globe terrestre.

Avec la première interprétation, le *Terra inanis et vacua* avec *tenebræ super faciem abyssi,* trouverait tout naturellement son application scientifique dans la nébuleuse primordiale et chaotique. *Terra,* ce serait la matière élémentaire, non encore informée, *inanis et vacua* ou *invisibilis et incomposita* selon d'autres traductions ; enténébrée, nulle lumière, nulle clarté, nulle lueur n'existant encore.

En cet état, *Spiritus Dei ferebatur* (ou *motabat, incubabat, insufflabat,* suivant les versions) *super aquas. Les eaux* peuvent être prises ici dans le sens de " fluide „, terme tout moderne dont l'équivalent n'existe pas en hébreu, ce qui correspondrait bien à l'état nébulaire. L'esprit de Dieu porté sur cette masse immense, sur cet *abyssus* sans limites, ou mieux le couvant en quelque sorte, n'est-ce pas l'impulsion première imprimée par le souffle divin et qui va commencer l'entrée en acte de la provision incalculable d'énergie potentielle que représente cette masse ?

Mais de ce commencement d'activité ne tardera pas à naître la lumière par la mise en mouvement des infimes mais innombrables particules composant l'ensemble. Et ainsi se justifie le troisième verset : *Dixitque Deus : Fiat lux; et facta est lux.*

Notre auteur se range à l'autre interprétation. Pour lui le premier verset doit correspondre à toute la cosmogonie jusqu'au moment où notre globe, petit soleil refroidi, encroûté, et recouvert sur tout son pourtour de l'ensemble des eaux du sein desquelles surgira plus tard l'*Aride* (îles et continents), notre globe, sous son épaisse, opaque et indistincte atmosphère, était plongé dans l'obscurité, nulle vie n'y étant alors possible sous une température encore brûlante et une pression de plusieurs centaines d'atmosphères. C'était bien là, en effet, *terra inanis et vacua;* c'était bien un abîme au sein des ténèbres qu'agitait le souffle de Dieu.

La lumière parut plus tard quand la noire atmosphère eut commencé à s'éclaircir, soit que cette lumière résultât de décharges électriques, soit que, provenant des astres en voie de formation, elle filtrât à travers une couche de nuées moins épaisse, obéissant ainsi au commandement divin.

Sans prendre parti pour l'une plutôt que pour l'autre de ces deux interprétations, ne pourrait-on les admettre toutes deux ? Dans le langage prophétique la même indication se rapporte

souvent à deux faits différents mais présentant des analogies. Or il bien évident que les faits retracés dans le premier chapitre de la Genèse, n'ayant eu aucun témoin humain, n'ont pu provenir que d'une révélation : révélation d'un passé, mais offrant un caractère semblable aux révélations des prophètes concernant des faits à venir.

Quoi qu'il en soit, l'accord, ici, est parfait entre le texte biblique et les conjectures les plus plausibles et les mieux appuyées de la science contemporaine.

Nous ne suivrons point pas à pas le récit de l'hexaméron ; il suffit de s'en tenir aux grandes lignes. La question des *jours* ne nous paraît pas avoir toute l'importance qu'on lui a attribuée naguère. Sans adopter la théorie du symbolisme exclusif enlevant tout caractère historique au récit, ce qui nous paraît être une évidente exagération, il est permis toutefois d'en faire des applications partielles, notamment en ce qui concerne la répartition assez artificielle de l'œuvre créatrice en six actes, assimilés, par symbole ou allégorie, à des jours composés de soir et de matin suivant la manière de compter des Hébreux. Il y a dans cette division en six jours suivis d'un septième consacré au repos, un but liturgique en vue de l'institution de la semaine et du repos hebdomadaire consacré au culte de la Divinité. Ceci admis, peu importe que le mot hébreu *yom* s'interprète dans le sens littéral et ordinaire ou dans le sens d'époque plus ou moins longue ou même indéterminée : là n'est pas l'importance de ce mode de répartition, elle est uniquement dans la prescription de consacrer six jours au travail et le septième au repos dominical.

La séparation des eaux d'avec les eaux d'où résulta le firmament, c'est à-dire le ciel apparent, la voûte céleste, s'explique par la séparation de l'hydrosphère condensée autour de l'écorce solide d'avec les vapeurs atmosphériques remontant dans les airs en nuées nettement distinctes, et ne se confondant plus avec les buées de l'océan.

Le refroidissement du noyau igné continuant son œuvre, la croûte solide se disloque ; à des affaissements partiels correspondent, par effet de bascule, des exhaussements sur d'autres points, et ainsi surgissent les premières roches au-dessus du niveau des eaux, tandis que se creusent les profondeurs abyssales. Peu à peu se forment, à travers de nombreuses vicissitudes, le lit des mers d'une part et les terres émergées de l'autre. Voilà ce qu'enseigne la science. Et que dit l'Écriture ? *Dixit*

Deus : congregentur aquæ, quæ sub cœlo sunt, in locum unum, et appareat arida. Et factum est ita.

Aussitôt commencée l'émersion des terres, celles-ci se couvrent de végétation qui se reproduit par elle-même; les flores succèdent aux flores durant les incalculables durées des temps géologiques, pour vivifier et embellir la Terre jusqu'à la fin des temps et nourrir ses habitants. C'est là un fait acquis, lequel correspond admirablement à ce qui est relaté aux versets 11 et 12 : *Germinet terra herbam virentem et facientem semen, et lignum pomiferum*, etc.

L'apparition du Soleil et des autres astres annoncée après la création de la lumière et celle de la végétation, a pu surprendre jadis et provoquer des sarcasmes faciles. Ce n'est plus là une difficulté aujourd'hui. Soit que le Soleil déjà formé n'eût envoyé jusqu'alors à la Terre qu'une lumière diffuse, voilé lui-même par l'enveloppe nuageuse et continue entourant notre atmosphère, et que son apparition au quatrième " jour ", ainsi que celle de la Lune et des étoiles ait résulté du déchirement de cet écran de nuages ; soit que, conformément aux hypothèses cosmogoniques de M. Faye et du savant colonel du Ligondès, la condensation centrale de notre nébuleuse ne se soit réalisée qu'après la formation de notre sphéroïde ; soit enfin que ces deux modes d'action aient été combinés, ce qui n'a rien d'invraisemblable, l'apparition à la Terre, du Soleil et des autres astres après celle de la lumière et des premières végétations est parfaitement explicable, parfaitement rationnelle et ne présente aucune difficulté.

Le règne animal apparaît ensuite représenté d'abord par des monstres marins, *cete grandia* (Vulg.) ou *cetos magnos* (Montanus), *et omnem animam viventem et motabilem* ou *repentem*, comprenant toute espèce d'animaux vivant dans les eaux, ou amphibies, et effectuant une marche rampante, ainsi que des animaux ailés, *volatile*, pouvant s'élever dans les airs. Cette partie de la création est affectée par le symbolisme au cinquième jour ; elle semble se rapporter à toute la portion du règne animal, premiers vertébrés compris, que nous considérons comme inférieure. Ce même symbolisme partage le sixième et dernier jour entre la création des animaux domestiques, ou plutôt domesticables, ainsi que des bêtes sauvages terrestres, et celle du premier couple humain.

Réservons celle-ci pour un peu plus tard, et occupons-nous du règne animal.

Il ne faut point chercher ici, comme le fait très judicieusement

observer M. Raingeard, une classification scientifique telle qu'elle est adoptée au xxe siècle de notre ère. Les peuples primitifs d'où Moïse tenait la tradition hexamérique, les Hébreux eux-mêmes, ne l'eussent pas comprise. L'ordre familier indiqué pour l'apparition des divers représentants du règne animal n'en est pas moins remarquable : ce sont d'abord les animaux aquatiques de toute espèce : *Producant aquæ*, dit la Vulgate (*reptificent aquæ* dit le texte hébreu), *reptile animæ viventis* ; puis les animaux ailés pouvant s'élever dans les airs : *volatile super terram sub firmamento cœli* (1) ; puis les grands monstres marins, *cete grandia* (d'après Gesenius : *belluas marinas*). Après eux viennent *jumenta, reptilia, bestias* (ou *feram*) *terræ*, ce qui semble bien se rapporter à nos mammifères domesticables et sauvages ne quittant pas le sol (*reptilia*), par opposition aux animaux volants qui s'élèvent dans les airs.

Or, la paléontologie nous montre, outre une infinité de petits animaux dont le récit héxamérique paraît se désintéresser et qu'il passe sous silence (Foraminifères, polypes, spongiaires, mollusques, crustacés, etc., etc.), des poissons, des sauriens et des batraciens dès les formations de l'ère primaire. Pendant la longue durée des temps secondaires s'épanouit le règne des gigantesques sauriens, ichtyosaures, plésiosaures, brontosaures, et, parmi eux, les ptérodactyles aux ailes de chauves-souris. La transition des reptiles aux oiseaux se fait par l'archæopterix ; plus tard apparaissent des oiseaux d'un type déjà plus accusé, tels que l'hesperornis et l'ichtyornis. Arrivés à l'ère tertiaire, nous avons l'épanouissement de la classe des mammifères qui se poursuit à travers l'époque pléistocène ou quaternaire : pachydermes, ruminants, proboscidiens, équidés, carnassiers, simiens, etc.

N'est-il pas remarquable que quinze ou seize cents ans avant notre ère, Moïse ait pu relater une vieille tradition résumant si exactement, bien qu'en langage populaire et en s'en tenant aux données principales, des faits que les patientes investigations des savants constatent trois mille et quatre ou cinq cents ans après lui ?

§ 2. *Transformisme et fixisme.* — Maintenant, que ces faunes, comme du reste et parallèlement à elles, les flores, qui se sont

(1) D'après la traduction latine littérale d'Arias Montanus, il y a, dans le texte hébreu : *Et volatile volet super terram, super facies expansionis cœlorum.*

succédé pendant l'incalculable durée des ères géologiques, aient été le résultat d'évolutions spécifiques, déterminées par l'action changeante de causes extérieures diverses ; ou que, suivant la pensée de saint Augustin, le Créateur ait jeté, dans les eaux, les airs et le sol, des germes destinés à se développer successivement et chacun en leur temps, sorte de création *in fieri ;* ou qu'il soit intervenu directement dans la formation de chaque espèce, suivant l'ancienne interprétation ; ou qu'il ait procédé de différentes autres manières, cela importe peu, ou plutôt n'importe point.

Ce qui importe c'est que Dieu, qui a d'abord donné l'être et l'impulsion à la matière élémentaire pour la faire évoluer en Terre, Soleil et astres divers, a jeté ensuite, sur notre planète suffisamment refroidie, les germes de la vie tant végétale qu'animale. Qu'il ait ensuite continué à intervenir directement, ou qu'il ait laissé agir les causes secondes suivant des lois par lui déterminées, c'est toujours Lui et Lui seul qui est l'auteur de la vie, comme il est l'auteur du monde inorganique. Il est le Créateur. Quant au mode ou aux modes dont il s'est servi pour opérer son œuvre, il ne nous les a point révélés, et nous en sommes, à cet égard, réduits aux conjectures.

L'argument que certains fixistes avaient cru pouvoir tirer des expressions *juxta genus suum, secundum genus suum*, et *in species suas, secundum species suas,* des versets 21, 24 et 25, cet argument ne résiste pas à l'examen.

Dans l'hypothèse fixiste, Dieu aurait formé chaque espèce par création directe ; dans l'hypothèse transformiste, il aurait, après avoir créé les germes vitaux, laissé agir les causes secondes, comme il paraît bien l'avoir fait du reste pour les créations sidérales et telluriques. Le texte biblique, là-dessus, ne nous apprend rien, pas plus dans un sens que dans l'autre, et laisse le champ libre à toutes les conjectures. Ici il n'y a ni désaccord ni accord, ni conformité ni non-conformité entre la science et la Genèse ; il y a parallélisme ou, si l'on préfère, indépendance réciproque.

§ 3. *L'Homme.* — Quand il s'agit du premier couple humain, il est très remarquable que l'écrivain sacré entre dans des détails minutieux et sans précédents. Il semble d'abord qu'une sorte de délibération s'établisse entre les Personnes divines : *Faisons l'homme,* disent les Elohim ; et ils ajoutent aussitôt : *à notre image et ressemblance.* Dieu étant un pur esprit, il est

évident que cette ressemblance, cette image se rapporte à l'âme et non au corps de l'être nouveau qu'il s'agit de créer. *Qu'il domine*, ajoute la parole créatrice, sur toute la terre et sur tous les animaux qu'elle porte ; les plantes, leurs graines, leurs fruits serviront à sa nourriture. Le narrateur, confirmant le commandement divin, constate que Dieu créa l'homme à son image, *et qu'il le créa mâle et femelle*, constatation qui n'a été faite pour aucun des êtres mentionnés antérieurement.

Ce n'est pas tout. Après avoir annoncé que Dieu, " au septième jour ", ayant accompli son œuvre, se reposa, le narrateur revient avec de nouveaux détails sur la formation du premier couple humain. Le corps du premier homme est d'abord formé du limon ou de la poussière du sol : *de limo terræ* dit la Vulgate, *pulverem de terra* dit Montanus (1) ; et le Créateur en fait un organisme vivant, *animam viventem*, en lui insufflant *spiraculum vitæ*, c'est-à-dire une âme à l'image et ressemblance divine Le premier homme Adam, ainsi formé, est placé dans l'Eden dont il prend possession comme un souverain de son royaume. Après quoi Jéhova, jugeant qu'il n'est pas bon que l'homme soit seul, tira du côté d'Adam, pendant son sommeil, une parcelle de son corps et " la construisit en femme : *edificavit in mulierem* ". Et Adam de s'écrier à la vue de cet être semblable à lui : c'est là l'os de mes os, la chair de ma chair, etc.

Il y a, dans cet historique de la création du premier couple humain, historique si détaillé, si minutieux, comparativement au bref laconisme du récit des créations antérieures, une intention évidente de mettre en relief la supériorité, la suprématie de l'homme sur tous les autres êtres parus avant lui, sur l'univers entier. Celui-ci est inconscient et s'ignore : seul, l'homme, être intellectuel et raisonnable, est fait pour se connaître lui-même, connaître, aimer et adorer son Créateur, régner sur la Terre et sur tout ce qu'elle contient.

(1) S'agit-il littéralement de terre brute qui se serait érigée en statue de limon ou de glaise, ou indirectement de la terre où avaient pris naissance les êtres vivants antérieurs, déjà disposée en un organisme incomplet, larvaire, apte à être informé définitivement par une âme spirituelle, comme le pensent certains évolutionnistes spiritualistes ? Nous ne nous prononçons pas sur cette alternative très délicate et qui nous paraît n'avoir, au point de vue qui nous occupe, qu'une importance secondaire. Quelle qu'ait été la nature précise du *substratum* dont Dieu fit un homme en lui insufflant le *spiraculum vitæ*, ce n'en est pas moins le " souffle de vie " qui lui inocula *animam viventem*, c'est-à-dire l'âme spirituelle l'informant et composant avec lui un tout substantiel.

Et en effet, dès les débuts, il a dompté les bêtes féroces, domestiqué et assujetti à son service une foule d'animaux, appliqué son intelligence à la découverte des lois de la nature, réalisé avec le temps dans ce domaine des progrès incalculables, au point d'arriver à se soumettre les forces naturelles les plus redoutables. Portant partout ses investigations, l'esprit humain pénètre les secrets du temps et de l'espace : son histoire, l'histoire de l'humanité passée, ajoute chaque jour de nouvelles pages, de nouveaux chapitres à son livre ; dans les entrailles de la Terre comme au travers des plaines sidérales, il sait lire le récit de la création primitive et pénétrer le mystère de la composition et des mouvements des astres innombrables.

Sans doute, à la suite de la chute originelle et de la privation des dons et privilèges préternaturels qui avaient été surajoutés à sa nature, l'homme a eu des commencements pénibles, douloureux ; mais il est injuste et d'ailleurs gratuit, de considérer ces débuts comme semblables à l'état où nous voyons les tribus sauvages des pays peu encore explorés. Cet état sauvage, on l'a dit et prouvé, représente bien plus une dégénérescence de civilisation antérieure, dégénérescence entretenue et aggravée par des moyens de vie matérielle particulièrement défavorables, qu'un état primitivement normal.

L'homme primitif, comme le fait judicieusement observer M. Raingeard, n'était, à proprement parler, ni barbare, ni civilisé ; mais, doué, par son intelligence et sa raison, de la faculté d'abstraire, de généraliser et d'atteindre la notion d'universel, il était par là même capable de progresser et d'arriver, moyennant des conditions ambiantes favorables, à la civilisation ; comme il pouvait aussi descendre à la barbarie et même à l'état sauvage, lorsque, à la suite, par exemple, de migrations lointaines et isolées, il rencontrait des moyens d'existence trop ingrats résultant soit de la dureté du climat, soit de la pauvreté du sol ou d'autres circonstances contraires.

A quelle époque, antérieure aux temps historiques, eut lieu l'apparition sur terre des premiers hommes? Sur ce point existe, aussi bien d'après les textes sacrés que d'après les investigations scientifiques, la plus grande incertitude.

Nous n'avons pas de chronologie biblique directe ; celles qu'on a tirées des textes l'ont été par additions des nombres d'années de vie de patriarches, de règnes, etc. Or, ces diverses chronologies ne s'accordent pas entre elles ; et, de plus, rien ne prouve qu'il n'existe pas de lacunes plus ou moins importantes dans

les énumérations des personnages célèbres dont les durées de vie ont fourni les éléments de ces chronologies ; tout semble indiquer au contraire qu'il en existe, même considérables, qui auront échappé aux transcripteurs. Enfin des erreurs de copistes, auxquelles les chiffres, surtout représentés par des lettres comme chez les anciens, sont plus particulièrement sujets, ont pu se glisser dans les nombreuses copies ou recensions de la Bible qui se sont succédé dans l'antiquité.

Ce n'est qu'à partir de la Vocation d'Abraham, en l'an — 2000, que les chronologies s'accordent entre elles et peuvent être plus ou moins corroborées par l'histoire profane. Antérieurement à cet événement, les chiffres donnés comme dates de la chute d'Adam et du déluge de Noé, tant par le texte hébreu (4004 et 2348) que par le Samaritain (4324 et 3017) et même la version des Septante (5389 et 3147), sont notoirement insuffisants.

D'autre part, les indications les plus sérieuses fondées sur de nombreuses observations faites par des géologues et des préhistoriens portent l'apparition de l'homme et l'âge de la pierre taillée, durant la dernière période interglaciaire, à 12 ou 15 000 ans au maximum avant notre ère ; et il est fort possible que de nouvelles observations et des données plus précises réduisent sensiblement ces nombres. Par ailleurs les travaux et les découvertes des orientalistes concernant notamment l'Égypte et l'Assyrie, obligent à faire remonter les antiques civilisations de ces pays à une époque beaucoup plus reculée que celle attribuée par les Septante à la création d'Adam et même au Déluge (1).

(1) Nous ne parlons pas des supputations intéressées d'une certaine école, attribuant des centaines de mille ans à la durée de l'humanité préhistorique, parce que ces supputations ne s'appuient sur rien de sérieux, ne reposent que sur des hypothèses purement gratuites, et laissent trop voir le but préconçu et systématique de leurs auteurs. On avait notamment (Lyell entre autres) fondé, sur le mouvement de recul de la chute du Niagara dont le point de départ remonte à la clôture de la période glaciaire dans le bassin de Saint-Laurent, des calculs fantastiques qui auraient fait remonter l'origine de l'homme à une fabuleuse antiquité.

Depuis lors, des relevés trigonométriques répétés ont permis de déterminer d'une manière sûre la vitesse du mouvement de recul de la chute par suite de la corrosion de la roche par les eaux. Cette vitesse est, en moyenne, de 5 pieds ($1^{m},525$) par an, soit 1 mille ou 1609 mètres en mille ans. Or l'escarpement que, à l'issue de la période glaciaire, le cours d'eau dut franchir pour la première fois, est à 7 milles, soit un peu plus de onze kilomètres, en aval de l'*Ile de la Chèvre*, des deux côtés de laquelle le fleuve se déverse actuellement. Il n'y a donc guère

Ce dernier fait, qui est établi historiquement autant que scripturairement, n'a pas laissé de traces que les géologues aient pu constater. Soit que la rapidité relative avec laquelle ce cataclysme s'est produit, par rapport aux autres événements telluriques relevés par la science, n'ait pas permis aux traces qu'il a pu laisser de persister jusqu'à nous ; soit que la plus grande partie des terrains submergés soient restés engloutis dans la Mer des Indes et échappent ainsi aux recherches et aux découvertes des savants ; ce qui est certain c'est que le célèbre cataclysme noachique n'est ni prouvé, ni d'ailleurs improuvé par la géologie, celle-ci en insinuant plutôt la possibilité.

Les causes de ce phénomène paraissent avoir été naturelles, Dieu ayant fait servir providentiellement à ses fins le cours naturel des causes secondes. Des pluies surabondantes accompagnées de débordements de la mer, peut-être par affaissement du sol sous l'action de soulèvement sur d'autres points (dans la région hymalayenne par exemple), sont les causes apparentes et d'ailleurs sommairement indiquées par la Genèse, de ce terrible phénomène.

Quant à la question de son étendue, nous n'insisterons pas sur ce point qui a été traité ici-même et à plusieurs reprises par divers auteurs. Disons seulement que M. Raingeard résume avec une parfaite impartialité et une grande clarté, les différentes théories, les différents systèmes qui, depuis un demi-siècle, ont vu le jour sur cette question,

Il rejette, avec la quasi-unanimité des interprètes, l'explication ancienne qui faisait recouvrir le globe tout entier par une hydrosphère comparable à celle des premiers âges telluriques. Reste l'alternative de l'universalité ethnique ou de la restriction de l'inondation au groupe principal de l'humanité, au monde civilisé d'alors, par exemple. Sans méconnaître la gravité des motifs qui militeraient en faveur de cette dernière opinion, notre auteur préférerait la précédente, moyennant un recul de la date du déluge jusqu'à l'une des dernières extensions glaciaires, ce qui ferait disparaître la plupart des objections opposées, non sans raison, à l'universalité ethnique absolue.

plus de 7000 ans qu'a pris fin le vaste glacier du Saint-Laurent. Cela nous reporte à 5000 ans environ avant notre ère, époque où florissaient déjà les civilisations égyptienne et chaldéenne. (Cf. le Cosmos du 18 juillet 1903 : *L'Age des chutes du Niagara*, par Paul Combes).

§ 4. *Eschatologie.* — Ayant traité longuement cette question ici même, en juillet 1893 (1), nous n'y reviendrons guère ici que pour mémoire. Il est toutefois un détail de l'eschatologie scripturaire que nous n'avions fait qu'indiquer et dont il ne sera pas inutile de dire quelques mots : c'est le développement de cette parole de saint Pierre (2) :

Novos vero cœlos et novam terram secundum promissa Ipsius expectamus, in quibus justitia habitat : " Nous attendons selon les promesses que Lui-même (nous a faites) de nouveaux Cieux et une nouvelle Terre où habite la justice ".

Parole corroborant les prophéties d'Isaïe (3) et que confirme saint Jean, au chapitre XXI, v 1, de l'Apocalypse.

Faut-il entendre " ces nouveaux Cieux et cette nouvelle Terre ", comme un état nouveau de notre sphéroïde régénéré (après la catastrophe clôturant la série des temps) et circulant dans un groupe céleste également régénéré ? ou bien comme un groupe nouveau surgissant des ruines de l'ancien ? ou encore voir cette Terre nouvelle dans un astre antérieurement existant et arrivé, dans son évolution, au terme voulu pour l'habitation de l'humanité ressuscitée et glorieuse ?

Toutes ces conjectures sont admissibles, et rien dans les données astronomiques et cosmogoniques ne permet d'en contester la possibilité. Mais ce ne sont que des conjectures, et cela ne pourra jamais être autre chose. D'ailleurs avec les qualités préternaturelles dont seront revêtus les corps ressuscités : incorruptibilité, impassibilité, agilité, etc., les conditions de séjour et d'habitabilité seront absolument différentes de ce qu'elles sont et peuvent être pour une humanité passible, corruptible, rivée au sol, mortelle enfin.

L'univers lui-même, tel que la géologie et la physique du globe nous le révèlent pour la Terre et les sciences astronomiques pour les astres innombrables composant le ciel matériel, l'univers lui-même est essentiellement corruptible, subissant une évolution qui — peu importe le nombre des myriades et des milliards de siècles — doit naturellement aboutir à un état de dissolution comparable à la mort des êtres vivants.

(1) Revue des Questions scientifiques, t. IV de la 2me série, XXXIV de la collection. — Ce travail a été publié de nouveau dans la collection *Science et Religion*. Paris, Bloud.

(2) Ep. II, C, III, v. 13.

(3) Cap. LXV, v. 17, 18 et LXVI, v. 2.

Or la " Patrie promise „ aux élus doit être *permanente*. Cette permanence résultera-t-elle de qualités préternaturelles surajoutées, après la résurrection de l'humanité, à l'univers régénéré? Ou bien sera-t-elle déterminée par une création spéciale? Les énergies du monde actuel se transforment et se dissipent (ou se dissiperont) mais ne s'anéantiront pas ; ne pourront-elles être recueillies à nouveau et assujetties à un ordre différent, correspondant à un cycle fermé, où un incessant renouvellement, sans perte aucune, serait disposé pour fonctionner sans fin et réaliser cette permanence impérissable promise aux " bénis „ du Père céleste ?

C'est là un *comment* de la fin des choses qui nous est inconnu, tout comme nous est également inconnu le *comment* de leur commencement, le *comment* de la création. L'un et l'autre nous échapperont tant que durera la vie présente. Nous sommes placés entre le commencement et la fin de toutes choses : entre les deux tous les secrets de l'univers sont abandonnés à nos investigations et à nos libres recherches : mais le couronnement complet et sans voiles du résultat des travaux et du génie de l'homme est réservé au jour final qui n'aura plus de lendemain.

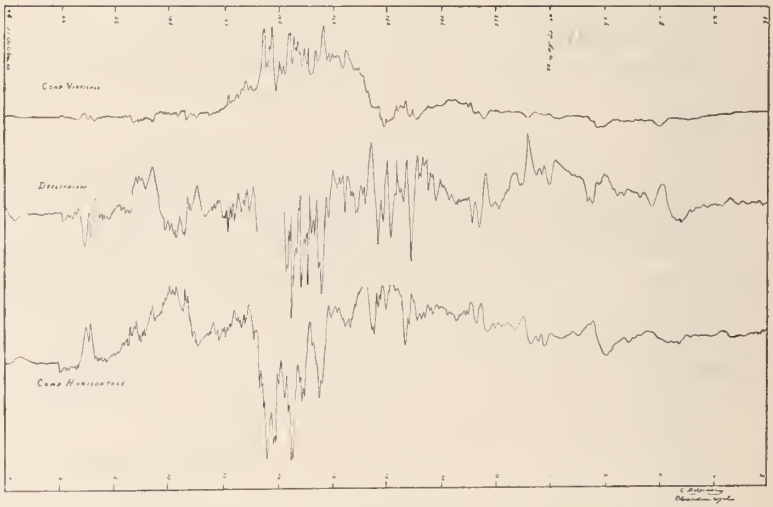
C. de Kirwan.

III

LA PERTURBATION MAGNÉTIQUE DU 31 OCTOBRE 1903

L'orage magnétique observé à Uccle le 31 octobre dernier a débuté à 6 h. du matin par une augmentation brusque de la déclinaison et des deux composantes de l'intensité. Ces variations brusques qui ont marqué le commencement de la perturbation ont été relativement très faibles, comparées aux grandes variations qui ont suivi. Vers 7 h. de grands mouvements ont commencé à se manifester dans les barreaux de déclinaison et de composante horizontale : mais ce n'est que vers 13 h. que l'intensité maximum de l'orage s'est déclarée ; à ce moment, la composante verticale qui n'avait accusé jusque-là que de faibles variations, a subi une hausse considérable qui a persisté jusqu'à

18 h. tout en passant dans l'intervalle par de grandes fluctuations. Pendant les mêmes heures, les deux autres éléments ont accusé des variations rapides et de très grande amplitude qui se sont succédé jusqu'à 20 h. Les barreaux aimantés, encore très agités pendant toute la nuit, ne sont rentrés dans le calme que le 1er novembre, vers 10 h.



Voici les principaux résultats du dépouillement des diagrammes.

Déclinaison. L'écart *maximum absolu* (1) par rapport au méridien géographique a été de 15°25'8 (1) à 14 h. 30 m. ; le *minimum absolu* (2) de 13°15' à 23 h. ; soit un écart est-ouest de 2°10'8.

Un autre minimum (2) de 13°20', a été relevé à 17 h. 20 m.

h. m.	*déclinaison*	h. m.	*déclinaison*
6 58	14°27'3	15 21	14° 0'5
9 25	13°35'0	15 36	14°56'9
14 12	14° 6'8	15 42	13°57'6
14 18	14°47'7	15 45	14°16'7

(1) Cette valeur a été obtenue par des lectures directes faites de 14 h. 16 à 15 h. 45.

(2) Ces valeurs sont approximatives, le point lumineux étant sorti du champ.

h. m.	déclinaison.	h. m.	déclinaison.
14 26	14° 2'6	15 55	13°40'0
14 30	15°25'8	17 20	13°20'0 (1)
14 46	13°55'5	17 37	14°27'3
14 52	14°53'3	18 36	13°36'5
15 0	14°20'9	18 48	14°38'5
15 3	14°52'0	18 56	13°33'7
15 6	13°56'9	22 48	13°51'3
15 18	14°26'5	23 0	13°15'0 (1)

Composante horizontale. Le *maximum absolu* a été de 0,195758 unité C. G. S. à 14 h. 30 m. ; le *minimum absolu* (1) de 0,186549 unité C. G. S. à 17 h. 12 m.; soit un écart maximum de 0,009209 unité C. G. S.

Composante horizontale		*Composante horizontale*	
h. m.	Unité C. G. S.	h. m.	Unité C. G. S
7 9	0,189198	14 43	0,191166
10 2	0,187517	14 53	0,192929
12 58	0,188378	15 12	0,189157
13 38	0,195553	15 31	0,192783
14 6	0,190920	15 51	0,188403
14 30	0,195758		

Composante verticale. Le *maximum absolu* a été de 0,437162 unité C. G. S. à 15 h. 37 m., et les *minima absolus* ont été 0,429596 unité C. G. S. à 17 h. 50 m. et 0,429544 unité C. G. S. à 1 h. 40 m. du 1er novembre ; soit un écart maximum de 0,007618 unité C. G. S.

Composante verticale		*Composante verticale*	
h. m.	Unité C. G. S.	h. m.	Unité C G S.
13 6	0,432326	14 32	0,436408
13 25	0,436837	15 9	0,433392
13 30	0,433977	15 37	0,437162
13 43	0,437032	16 19	0,434016
13 52	0,432066	16 25	0,435316
14 22	0,436577	17 50	0,429596
14 30	0,434237		

(1) Ces valeurs sont approximatives, le point lumineux étant sorti du champ.

Inclinaison et intensité totale. Nous avons calculé la valeur de l'inclinaison et de l'intensité totale du champ magnétique au moment des maxima et des minima des deux composantes de l'intensité ; nous avons obtenu :

31 octobre à 14 h. 30 m., heure du maximum absolu de H.
I = 65°44′0. F = 0,476315 C. G. S.
31 octobre à 17 h. 12 m., heure du minimum absolu de H.
I = 66°39′5. F = 0,470830 C. G. S.
31 octobre à 15 h. 37 m., heure du maximum absolu de V.
I = 66°17′2. F = 0,377478 C. G. S.
31 octobre à 17 h. 50 m., heure du 1er minimum absolu de V.
I = 66°28′3. F = 0,468546 C. G. S.
1er novembre à 1 h. 40 m., heure du 2e minimum absolu de V.
I = 66° 9′0. F = 0,469638 C. G. S.

Les valeurs des éléments magnétiques à Uccle, d'après les moyennes des observations du mois d'octobre, sont :

D = 14°00′69
H = 0,190566 unité C. G. S.
V = 0,430520 „
I = 66°7′,4
F = 0,470808 unité C. G. S.

La perturbation du 31 octobre a été précédée et suivie de troubles plus ou moins accentués. Dès le 30 octobre au soir, les barreaux se montraient déjà agités ; l'agitation a commencé dans le barreau de déclinaison, vers 21 h. 20 m. par une déviation en forme de V de 9′ vers l'est.

Comme suite à la perturbation, des troubles ont été relevés pendant onze jours consécutifs à partir du 1er novembre. Celui de la nuit du 4 au 5 a été le plus marqué ; l'écart E.-W. de la déclinaison s'est élevé alors à 17′,8.

O. Somville.

IV

L'ART DE BATIR CHEZ LES ÉGYPTIENS (1)

Parmi les monuments que nous a légués l'Antiquité, ceux de l'Égypte s'imposent particulièrement à l'attention des hommes techniques par les problèmes que soulève leur mode de construction. Voici comment s'exprime à cet égard le savant dont les travaux vont être ici analysés :

" Lorsque les Égyptiens élevèrent les monuments de Thèbes, ils connaissaient à peine le fer et ne disposaient que des plus rudimentaires machines.

„ Ce n'est point par le seul effort des bras qu'ils ont opéré des manœuvres telles que celles des obélisques : ils étaient en possession de méthodes, sans doute fort différentes des nôtres, mais assez puissantes pour aplanir des obstacles qui nous rendraient hésitants, assez souples pour se plier aux multiples exigences de l'art. „

Quelles étaient ces méthodes ? Tel est le problème offert à la sagacité des chercheurs, problème dont la solution exige le concours des données d'une sûre et vaste érudition avec une connaissance approfondie des théories variées constituant la science de l'ingénieur. Cette érudition et cette science se trouvent unies, chez M. Auguste Choisy, à une pénétration d'esprit et à une facilité de travail hors de pair.

Fuyant de parti pris les honneurs officiels, se confinant en son labeur, comme le philosophe dans sa tour d'ivoire, le savant ingénieur consacre tous les loisirs que lui laisse sa retraite d'Inspecteur général des Ponts et Chaussées à l'étude des énigmes passionnantes que l'érudition des archéologues, non étayée de science positive, avait laissées sans réponse satisfaisante, ou même sans réponse quelconque.

(1) *L'Art de bâtir chez les Égyptiens*, par Auguste Choisy. Un vol. in-4° de 155 pp., accompagné de 106 figures et de 24 planches héliographiques. Paris, Edouard Rouveyre, 1903.

Voir dans la livraison de janvier 1900 de la Revue (p. 260) l'article consacré à l'*Histoire de l'Architecture* du même auteur.

Rappelons, à cette occasion, les titres des principales publications antérieures de l'auteur : *L'Art de bâtir chez les Romains* (1873) ; *L'Art de bâtir chez les Byzantins* (1882) ; *Études épigraphiques sur l'Architecture grecque* (1884).

Un séjour assez prolongé en Égypte l'ayant mis à même d'interroger sur place, en ingénieur, les monuments de cette terre classique du mégalithisme, il nous en est revenu avec une théorie complète de l'art qui a présidé à l'édification de ces monuments, théorie non moins séduisante par son harmonieuse simplicité et sa rationnelle ordonnance que par les multiples et frappantes confirmations qu'elle trouve dans les faits immédiatement tangibles. Cette théorie rend si parfaitement compte des moindres particularités qu'a pu révéler à un observateur aussi sagace que M. Choisy l'examen attentif des monuments, elle est si exactement conforme à ce qu'exige le bon sens guidé par les données de la science technique, elle s'appuie sur des vérifications si évidentes et si directes, qu'on ne peut manquer, lorsqu'on l'étudie de près, d'être convaincu de sa justesse. Et l'on ne sait que le plus admirer de l'étonnante perspicacité de M. Choisy sachant isoler d'un ensemble complexe les traits caractéristiques pouvant servir d'amorce à une explication rationnelle, ou de l'impeccable sûreté avec laquelle cette explication est développée et mise au point. Nous devons ajouter : on encore de l'incomparable netteté avec laquelle elle est présentée. Car c'est là un des traits frappants de l'ouvrage ; la forme n'en est pas moins nouvelle que le fond. Fidèle à une méthode dont il a déjà eu souvent occasion de se servir, l'auteur illustre son exposé de perspectives axonometriques, construites avec la plus grande précision et qui schématisent admirablement toutes les dispositions commentées dans le texte. Mais ce n'est pas seulement par ce côté graphique que s'affirme l'originalité du livre. Le texte lui-même frappe par une qualité spéciale : la sobriété poussée à l'extrême. Point de vains ornements ; nulle recherche de rhétorique ; l'idée seulement exprimée avec force et netteté au moyen du plus petit nombre de mots.

Nous serions presque tenté de dire que l'exposé de M. Choisy est coulé dans le moule du style mathématique. L'énoncé de sa pensée a la concision d'un théorème de géométrie ; il en a aussi la précision. Jamais rien n'y est vague ni flottant, jamais rien n'y détourne l'attention de l'idée sur laquelle elle doit rester concentrée. Il n'y a pas à s'y tromper : une telle sobriété d'expression unie à une si exacte propriété du terme, c'est véritablement de l'art, et du très grand art.

Venons maintenant au contenu de l'ouvrage.

Le bois est rare en Égypte où la végétation forestière fait défaut. Il ne joue donc dans les constructions égyptiennes qu'un

rôle tout à fait accessoire, moindre même qu'on avait pu le croire, certains pieds-droits épais, qui se distinguent sur diverses reproductions empruntées notamment aux parements des chambres sépulcrales, devant être tenus non pour des pans de bois, mais pour des maçonneries de brique simplement entretoisées par des pièces de charpente.

C'est la brique crue et c'est la pierre de grande dimension qui constituent les éléments fondamentaux des monuments de l'Égypte. Cette brique crue, formée du limon même de la vallée du Nil, mélangé de menus déchets de paille, était toujours employée à moins qu'une circonstance spéciale (telle que le contact de l'eau dans les aqueducs, murs de quai,...) ne rendît indispensable la cuisson, opération dispendieuse vu la rareté du combustible.

Les effets de l'humidité sur cette brique crue étaient combattus au moyen de divers artifices : vide des joints verticaux ; interposition entre les assises de pailles d'alfa assurant une sorte de drainage. Ces pailles, disposées transversalement au mur, résistaient en outre à la manière des fibres métalliques de nos constructions armées. La substitution du sable au mortier entre les assises prêtait à la masse, lorsqu'elle reposait sur un mauvais fond, une flexibilité qui lui permettait de se déformer sans se rompre.

Notons en passant l'ingénieuse explication trouvée par M. Choisy de la construction des murs sans échafaudage, l'absence de trous de boulins attestant le non-emploi d'un tel accessoire. D'après cette explication, l'extrémité du mur en construction constamment laissée à l'état de gradins sert d'escalier pour la montée des matériaux. Il suffit, pour effacer les derniers gradins au terme de la construction, d'approvisionner auparavant les matériaux nécessaires à la partie supérieure de la portion de mur déjà achevée pour les faire ensuite descendre sur les assises à compléter.

Le retroussis des angles des murs de soutènement résulte, d'après l'auteur, du souci d'éviter les arêtes rentrantes que formerait sans cela la rencontre des lits plongeants sur l'un et l'autre pans.

Nous arrivons à un des points sur lesquels a eu plus particulièrement à s'affirmer la pénétration de vue de M. Choisy ; il s'agit de l'explication des murs ondulés. Aux enceintes de Karnak, El Kab, Dendéra, Philè, Ombo, à l'encontre d'une règle qui semble fondamentale dans l'art de construire, les assises ne

sont ni horizontales ni continues mais ondulées; les travées, qui ne se liaisonnent pas ensemble, sont séparées par des coupures aussi nettes que si elles avaient été faites d'un trait de scie. Une disposition si bizarre, et d'ailleurs si souvent répétée, ne pouvait être le fait du hasard. L'analyse réfléchie à laquelle l'a soumise M. Choisy lui en a fourni toute la clef.

Le savant ingénieur a trouvé le point de départ de son explication dans cette remarque que ces ondulations se rencontrent là où il y a lieu de tenir compte de l'influence de l'humidité du sol. Elles ne se montrent pas sur les collines où le sol est toujours à sec (remparts des défilés d'Assouan, des monticules de Semné et de Kommé, des hauteurs d'Abydos). Dès que les infiltrations approchent, le système ondulé apparaît. Or, comme le remarque notre auteur, " pendant la chaleur du jour, l'humidité souterraine pénètre les masses sous forme de vapeur ; pendant le froid de la nuit, elle se condense entre les briques, qu'elle gonfle et lubrifie : le mur se dilate, les surfaces des lits deviennent savonneuses. Que le sol soit imparfaitement nivelé, on peut craindre, indépendamment des pressions intérieures dues au gonflement des briques, des effets de glissement en masse : le mur se comportera comme ces collines d'argile qui, à la moindre humidité, se déplacent et entraînent ou écrasent tout obstacle.

" Le long de murailles dont le développement atteint quelquefois 500 mètres, on doit s'attendre à des pentes et contre-pentes. Il faut des garanties de fixité qui soient indépendantes des inégalités du sol. La structure ondulée offre ces garanties. Prenons (fig. 1)

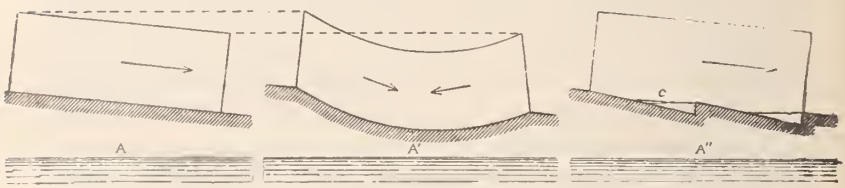


Fig. 1.

une travée isolément. Si elle repose sur un plan incliné (A), elle coulera dans le sens de la pente. Donnons-lui un profil plongeant (A'), la marche est enrayée. Un mur ondulé n'est autre chose (fig. 2) qu'une courtine interrompue à des intervalles plus ou moins rapprochés par des travées plongeantes, paliers invariables où vient s'amortir l'effort de descente des travées droites.

Le mur engrène, mord en quelque sorte à dents de scie sur le sol et, dans le corps du mur, une assise mord sur l'autre.

„ Vainement essayerait-on d'échapper aux sujétions des lits courbes par une structure à redans (fig. 1, A″) : des redans se briseraient. Le drainage ne peut empêcher que les glissements lit sur lit. Dès que le sol présente une pente longitudinale, le profil ondulé s'impose. „

Nous avons tenu à reproduire ce passage, d'abord parce qu'il ne nous aurait pas été possible de résumer davantage la pensée de l'auteur, ensuite parce qu'il peut donner au lecteur une idée de sa manière si nette et si sobre tout à la fois.

Mais les murs en question présentent une autre disposition non moins caractéristique que leurs ondulations ; c'est une variation de courbure des sections transversales produisant une

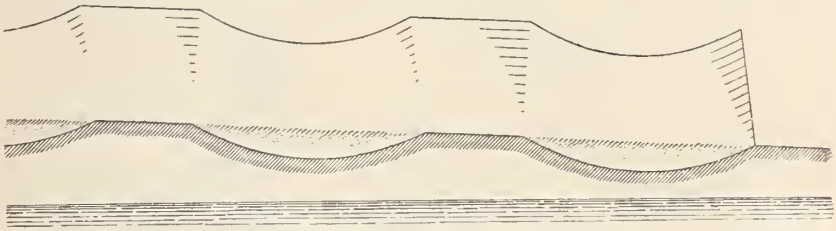


Fig. 2.

sorte d'ensellement des assises. Cette disposition, assez étrange au premier abord, trouve, sous la plume de M. Choisy, une justification parfaitement plausible dans l'analyse des effets de gonflement produits encore par l'humidité et qui se traduisent d'une section longitudinale à une autre par des déformations inégales que l'ensellement compense.

Quant aux coupures, elles apparaissent comme le correctif des effets du retrait produit par la sécheresse, à l'époque où les eaux d'infiltration s'abaissent.

A l'appui de la manière de voir de l'auteur au sujet de la raison d'être de l'ensellement, il faut noter l'absence de cet artifice dans les murs minces où les effets hygrométriques sont sensiblement les mêmes au milieu et sur les bords.

Il y a encore lieu de remarquer, en ce qui concerne les murs à ensellement, que les diverses sections transversales, de courbure variable mais de même longueur (savoir un même multiple de la longueur de la brique), ayant par suite des cordes inégales, la trace de chaque travée du mur présentera nécessairement sur le sol une certaine incurvation.

Au point de vue de l'exécution, il faut noter l'absence de fondation que justifie d'ailleurs la nature du sol, le limon qui se présente à la surface ne différant en rien de celui qu'une fouille mettrait à nu.

Le profil variable des courbes plongeantes ou convexes s'obtient aisément, comme le montre l'auteur, par le simple emploi du cordeau.

Enfin il apparaît que chaque travée, limitée à deux coupures consécutives, donnait lieu à l'organisation d'un chantier spécial; il est dès lors tout naturel que, pour éviter la sujétion des raccords à effectuer d'un chantier à l'autre, on ait, à chaque coupure, laissé subsister des redans.

Nous arrivons maintenant à la construction des voûtes. Comment de tels ouvrages pouvaient-ils être établis dans un pays où

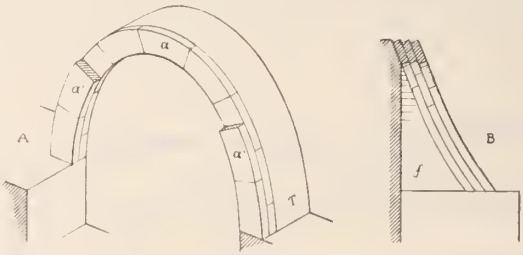


Fig. 3.

le bois fait défaut pour l'exécution des cintres? La réponse à cette question a déjà été donnée par M. Choisy dans son *Histoire de l'Architecture*. Elle se résume dans ces simples mots : les voûtes étaient construites sans cintrage, par accolement, à partir d'un mur élevé provisoirement jusqu'au profil de la voûte, de tranches de briques de champ (fig. 3, A). La pose était d'ailleurs facilitée dans certains cas par l'application d'une fourrure *f* contre le mur d'appui (vu en coupe sur la fig. 3, B), ce qui permettait de donner du pied aux tranches dont les briques ont, grâce à cet artifice, moins de tendance à se décoller.

Lorsque, pour la première fois (1), M. Choisy émit le principe de cette théorie, que lui avait révélé l'examen attentif de certaines voûtes byzantines, ce fut presque un scandale. En dépit de l'autorité de l'auteur, certains esprits affichaient une sorte de répugnance à le suivre jusque-là. Mais, depuis qu'au cours d'une

(1) *Art de bâtir chez les Byzantins*, p. 31.

de ses importantes explorations en Asie Mineure, M. Dieulafoy a vu construire des voûtes suivant le procédé dont M. Choisy avait eu la divinitation, nul ne songe plus à contester les intuitions de l'éminent ingénieur archéologue.

La théorie des voûtes sans cintrage, qu'il reprend donc à propos des monuments égyptiens, se trouve accompagnée ici de diverses remarques qui offrent un intérêt propre comme, par exemple, celle qui vise certains extrados surhaussés formés d'une anse à trois centres (fig. 4, N) et différant fort peu d'une chaînette (1) dont les Égyptiens auraient, d'après cela, deviné les remarquables propriétés élastiques (absence d'efforts d'extension). On sait d'ailleurs qu'à défaut de la chaînette, les deux profils où se développent les moindres efforts d'extension sont l'arc de cercle et l'ogive; or, l'un se rencontre à Deïr el Médiné, l'autre aux tombes de Sakara et à l'aqueduc de Médinet Abou.

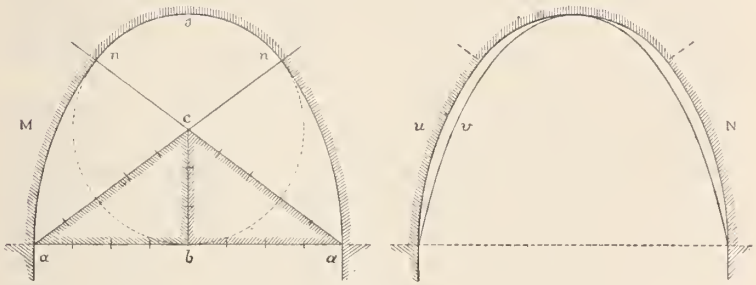


Fig. 4.

On ne peut manquer non plus d'être frappé de la très grande simplicité du tracé de ces divers profils dans l'espace au moyen de systèmes de fils directeurs, ou simbleaux, indiqués par l'auteur.

Exceptionnellement, à défaut d'un mur de départ, un arc de tête a pu être construit au moyen d'un cintre qui, grâce au resserrement de cet arc vers le sommet faisant qu'il pèse à peine, peut se réduire à une cerce de bois flexible, forme rudimentaire dont la tradition ne s'est pas perdue.

Quant aux coupoles, elles sont simplement construites par superposition d'anneaux dont chacun surplombe à peine le précédent, de sorte qu'à un moment quelconque de l'exécution, la stabilité est assurée sans l'aide d'aucun cintre.

(1) La fig. 4, N donne la comparaison de l'anse *u* en question avec la chaînette *v* de même ouverture et même montée.

M. Choisy signale d'ailleurs, au point de vue des voûtes, l'analogie des exemples que nous ont légués l'Égypte et la Chaldée, sans qu'aucun indice permette, quant à présent, de trancher entre elles la question de priorité. Les lits coniques dans les coupoles, de même que les pendentifs, doivent être attribués à la Perse.

Tout ce qui précède a trait aux constructions de brique. Celles de pierre, dit l'auteur, " sont pour la plupart des œuvres de pur apparat : leur histoire sera celle d'un continuel effort tendant à concilier l'ampleur des programmes avec la simplicité des moyens ".

Fidèle à la méthode scientifique qui lui a permis d'analyser rationnellement les vestiges des diverses architectures des temps passés, M. Choisy se préoccupe avant tout de l'influence de l'outillage. Comment le carrier extrayait-il la pierre du sol ? Comment le tailleur de pierre l'amenait-il à la forme voulue ? Comment le maçon la mettait-il en œuvre ? La réponse à cette triple question fournira la clef des dispositions observées dans les monuments de pierre.

Nous ne suivrons pas l'auteur dans tout le détail de cette étude très serrée où, à aucun moment, il ne se dégage des exigences les plus sévères de l'Art de l'ingénieur, et nous nous contenterons de noter au passage quelques particularités dignes de remarque.

En premier lieu, nous signalerons l'usage de tailler les lits sur tas, usage fort répandu dans l'antiquité et qui a laissé sa trace dans l'art grec et dans les plus anciens monuments de la Perse.

Les outils employés à la taille étaient de bronze (1), métal qui entame péniblement la pierre ; d'où la nécessité de simplifier cette taille autant que possible et, par voie de conséquence, d'adopter certaines dispositions d'appareil, vicieuses en apparence, qui correspondent à de telles simplifications.

Pour l'épannelage des blocs de grande dimension qui devaient être amenés à une forme spéciale, celle d'un colosse assis par exemple (fig. 5), le sciage au sable paraît tout indiqué ; il permet d'opérer une première ébauche qui, par simple abatage, eût exigé un travail énorme.

(1) Une bédane rapportée d'Égypte par M. Choisy a été analysée par M. Albert Colson, professeur de Chimie à l'École Polytechnique, qui l'a trouvée composée d'un noyau de bronze à 13 % d'étain, serré dans une enveloppe en bronze à 4,67, c'est-à-dire en cuivre presque pur. Cette enveloppe de cuivre, en amortissant les trépidations, empêchait la rupture du taillant.

Quant aux mortiers ils proviennent d'un mélange, en proportion variable, de sable et de plâtre mal cuit, au lieu de chaux. Parfois, on y rencontre quelques traces de calcaire incorporées à la masse comme de simples impuretés.

La structure des édifices de pierre est des plus rudimentaires; elle se résume dans l'emploi de dalles plafonnantes (comme celles des dolmens) reposant soit sur des murs, soit sur des architraves portées par des colonnes. Les fondations, comme dans le cas des constructions de brique, font défaut à de rares exceptions près et ne sont jamais, en tout cas, que de très faible importance.

Les difficultés de la taille entraînent des irrégularités d'appareil visibles sur des parements encore debout (Médinet Abou), et qui ont pour conséquence de supprimer tout liaisonnement entre parements adossés, circonstance qui s'était déjà

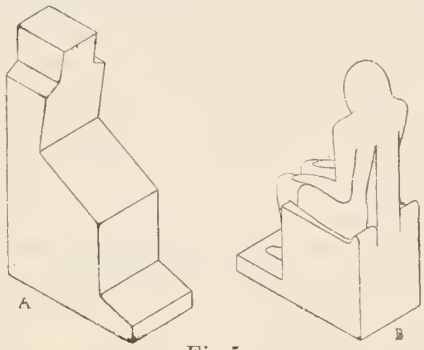


Fig. 5.

révélée à l'auteur dans la Syrie transjordanienne (Haouran). Parfois les deux parements, au lieu d'être directement juxtaposés, sont séparés par un noyau de sable ou de pierrailles. En ce cas, les faces comprenant ce noyau recevaient un certain fruit; cette particularité avait fort intrigué certains observateurs moins avisés que M. Choisy et pour qui ces sortes de pylônes à faces déversées semblaient un défi au bon sens. La disparition du noyau meuble suffit à donner la clef de ce mystère.

Au reste, l'œil exercé de l'auteur saisit avec une merveilleuse sûreté la raison d'être des diverses particularités qui se répètent systématiquement dans tous les vestiges s'offrant à nos regards : étranglement au pied du fût des colonnes ; emploi des fourrures dans les architraves ; coupures entre pans de mur susceptibles de tassements inégaux, etc.

Il est aussi à propos de noter la construction de voûtes au

moyen de dalles posées à plat et formant des encorbellements progressifs tels qu'à tout instant de l'exécution la masse soit équilibrée par elle-même.

L'auteur termine ce chapitre sur les constructions en pierre par une curieuse remarque sur l'épargne des matériaux qui s'y peut constater. Il montre, en effet, que les dimensions adoptées correspondent à un travail de la matière voisin de ce que nous admettrions aujourd'hui comme limite de sécurité. La hardiesse dont témoigne cette constatation est comparable à celle des Grecs. " Si, dit l'auteur, nous bâtissions suivant le système égyptien, c'est-à-dire par piliers et plates-bandes, nous-mêmes n'oserions guère réduire la masse de matériaux qu'ont employée les architectes des Ramsès. „

A la suite de cette analyse des monuments de brique et de pierre que nous a conservés l'Égypte, M. Choisy aborde l'étude des procédés de transport et de montage qui sont nécessairement intervenus dans leur édification. C'est ici surtout qu'a dû s'exercer le flair subtil de l'ingénieur. Déjà, dans son *Histoire de l'Architecture,* l'auteur avait entamé la question, mais les observations qu'il a eu, depuis lors, l'occasion de faire sur place, l'ayant mis à même de compléter et de préciser ses idées, cette partie de son exposé a encore, presque tout entière, l'attrait de la nouveauté. Elle nous semble, en tout cas, avec la théorie des murs ondulés, une de celles qui offrent le plus vif intérêt tant par l'importance de l'objet qu'elle poursuit que par l'originalité des vues qu'elle renferme.

Les manœuvres qu'il s'agissait de restituer devaient, bien entendu, ne supposer que l'outillage le plus rudimentaire, réduit, ou à peu près, au seul levier. En revanche, vu l'organisation de la société au sein de laquelle elles s'accomplissaient, le temps et la main-d'œuvre (qu'il ne nous viendrait pas aujourd'hui à la pensée de gaspiller de la sorte) y étaient appliqués à peu près sans compter. Quelque lenteur et quelque concours de bras que supposent donc les manœuvres décrites, il n'y a, dans aucun cas, lieu d'en être étonné : pourvu qu'elles n'exigent qu'un minimum d'outillage, on doit les tenir pour rationnelles.

Les transports par soulèvements et glissements successifs (soulèvements au moyen de séries de leviers ; glissements le long de plans inclinés disposés *ad hoc* comme l'indiquent schématiquement les fig. 6 et 7) ont déjà été décrits par l'auteur.

Le cheminement sur traîneau était facilité par la nature du

sol, très ferme et très plat, que l'arrosage (indiqué sur certaines peintures) rendait, en outre, très glissant.

Pour le montage de la pierre amenée à pied d'œuvre, montage qu'il explique d'ailleurs par l'emploi du seul levier, M. Choisy a eu la bonne fortune de recueillir sur place une précieuse indica-

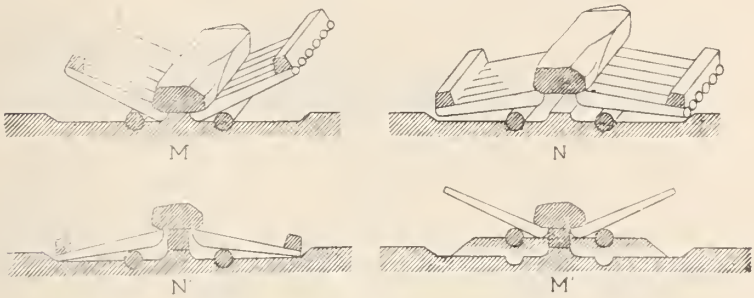


Fig. 6.

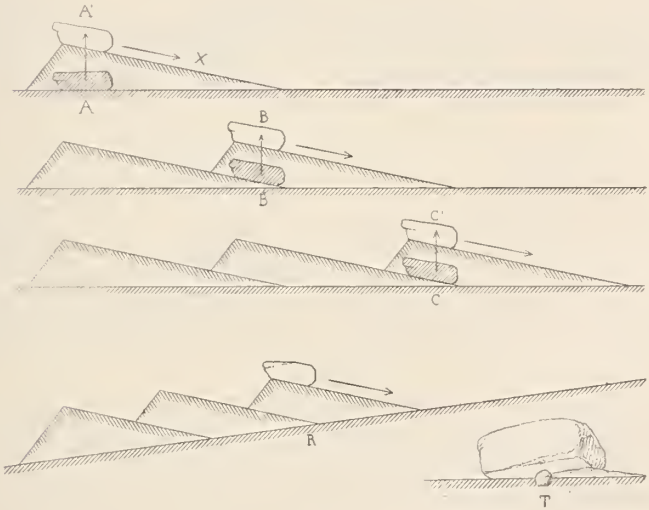


Fig. 7.

tion que lui a donnée l'inspecteur de Karnak, M. Georges Legrain. Elle vise un instrument de bois, du type représenté par la fig. 8, qu'on avait remarqué depuis longtemps dans les dépôts de fondation, mais sur la destination duquel on était assez hésitant lorsque M. Legrain a émis l'idée qu'on devait y voir un ascenseur oscillant qui, par calages successifs (effectués après chaque oscil-

lation (fig. 9) provoquée au moyen d'un levier) permettait l'élévation des blocs de pierre dont on pouvait le charger suivant le

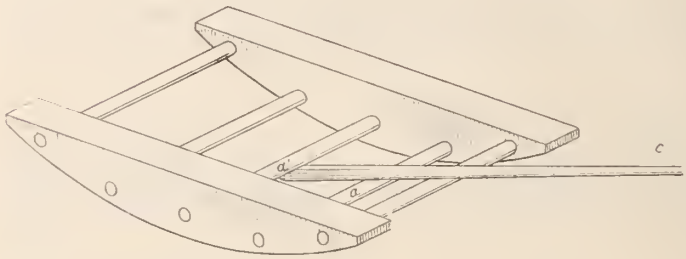


Fig. 8.

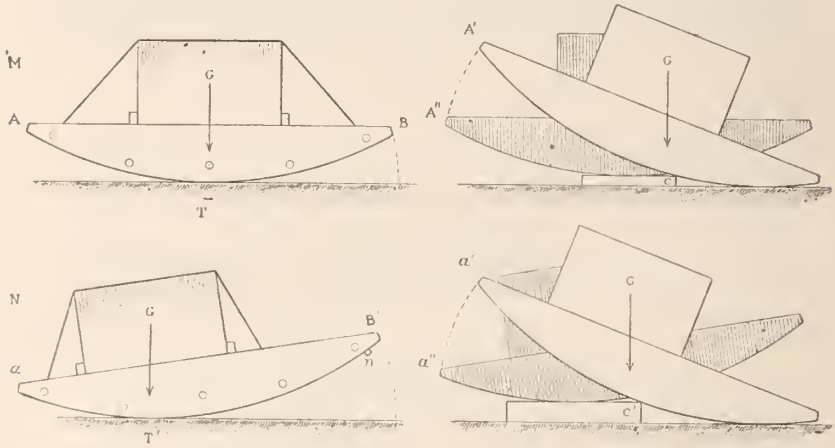


Fig. 9.

mode indiqué par la fig. 10. C'est M. Choisy qui a, d'ailleurs, eu l'idée de cette dernière manœuvre en étudiant dans tous ses détails le procédé dont le principe lui avait été livré par M. Legrain. Il faut suivre, dans le texte même, si condensé, de l'auteur, la description complète de ce procédé. Qu'il nous suffise ici de dire qu'il en fournit la justification mathématique : il fait voir notamment, à titre d'exemple, qu'un bloc de 1500 kg. pourra, à chaque oscillation, être élevé de $0^{m}.12$, grâce à un simple effort de 200 kg., que fournira aisément le poids de trois hommes, appliqué au moyen d'une échelle de corde, à un levier convenablement disposé.

La manœuvre ainsi décrite suppose qu'on opérait par échelons.

Il était utile de retrouver la trace de tels échelons. Or, M. Choisy a pu nous les montrer, avec une netteté qui ne laisse prise à aucun doute, sous forme de gradins de terre, partiellement effondrés, qui ont subsisté accolés aux faces de certains pylônes, et

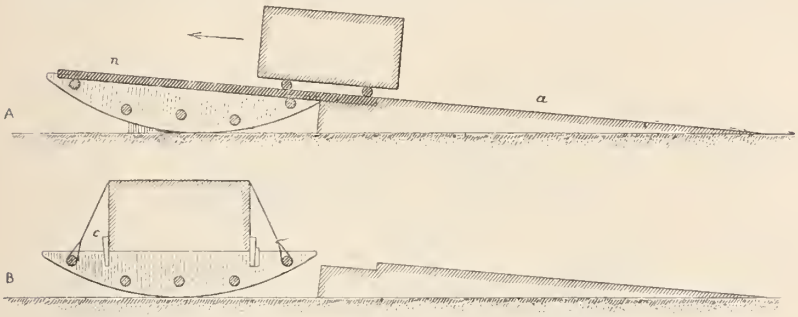


Fig. 10.

notamment à Karnak. Leur reconstitution, dans ce cas, est donnée schématiquement par la fig. 11. La justification de sa manière de voir, fournie par l'auteur dans son ouvrage, a la force probante d'une démonstration mathématique. Le raisonnement se tient si bien qu'il n'est pas possible d'apercevoir la fissure par où l'objection pourrait se glisser.

L'application des vues générales développées dans le chapitre précédent est faite ensuite par l'auteur à divers temples et pyramides. Les confirmations qui en ressortent sont faites pour emporter la conviction de ceux à qui ne suffit pas le pur raisonnement. Un des exemples les plus frappants est fourni par les pyramides de Gizé, où l'hypothèse de M. Choisy paraît en parfait accord avec les traditions recueillies par Hérodote ; un des plus jolis se rencontre dans la pyramide de Meïdoum qui offre des particularités intéressantes. Le cas de la pyramide de Sakara conduit à une confirmation assez inattendue d'une hypothèse de Mariette qui voyait là la sépulture commune des Apis de l'Ancien Empire.

Le dernier chapitre est réservé au problème si troublant de la manœuvre des monolithes, principalement des colosses et des obélisques, que les primitifs constructeurs de l'ancienne Egypte ont posé comme un défi à notre science avancée pour laquelle l'emploi de moyens mécaniques perfectionnés semble une inéluctable nécessité.

Dans son *Histoire de l'Architecture*, M. Choisy avait déjà

donné la clef de l'énigme ; il y revient ici plus en détail, insistant surtout sur certaines confirmations curieuses du procédé, notamment sur les traces de l'emploi des sacs à sable pour la mise en place définitive (rainures des bases de Luxor ; poches d'un piédestal de la deuxième cour de Karnak).

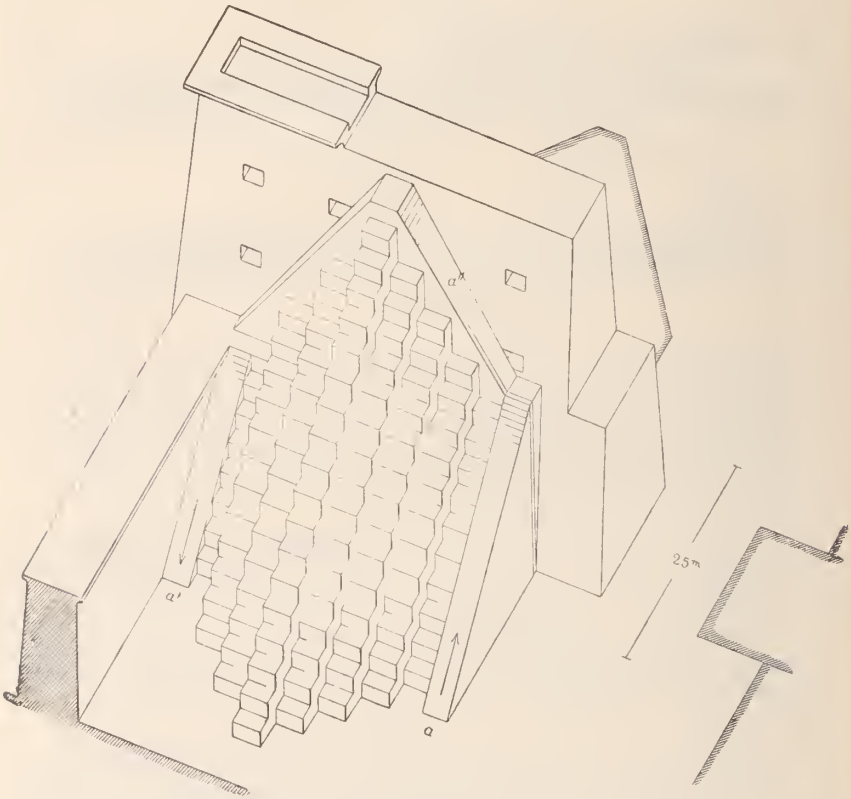


Fig. 11.

Il nous semble d'un haut intérêt de reproduire ici les quelques lignes et les deux figures qui suffisent à l'auteur pour décrire l'opération du dressage d'un obélisque :

" Soulevons le bloc (fig. 12. A), en ayant soin de maintenir les remblais d'appui par des bajoyers.

„ Arrivés (B) à une hauteur telle que a' passons, par-dessous, des traverses c et un tourillon n :

„ A ce moment rien n'empêche de déblayer les terres et d'établir en sous-œuvre une glissière g.

„ La glissière faite, remplaçons par du sable les terres enlevées ; retirons les traverses *c*, et affouillons le sable :

„ L'obélisque, pivotant autour du tourillon *n*, va s'incliner suivant *a''* et arriver à l'aplomb de sa base *b*.

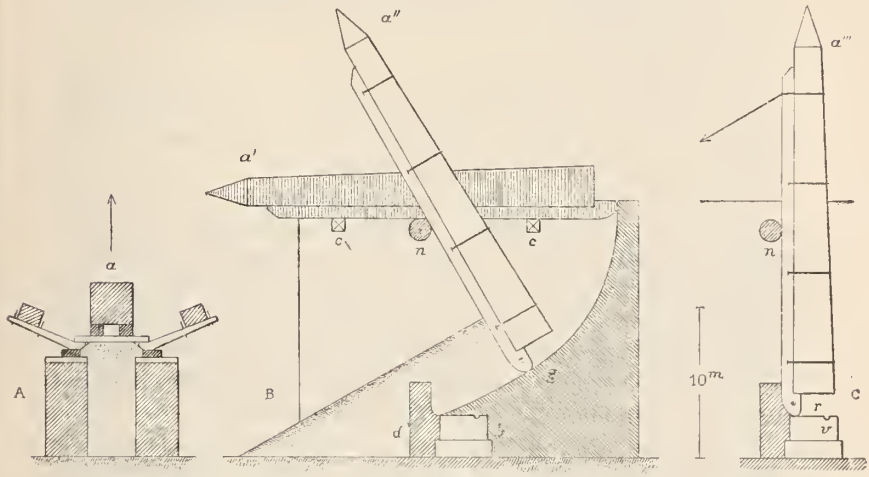


Fig. 12.

„ Il suffira, pour l'empêcher d'aller trop loin, de réserver en *d* un arrêt qui le contrebute du pied, et de retenir le sommet par des haubans.

„ Le bloc est parvenu à la position C.

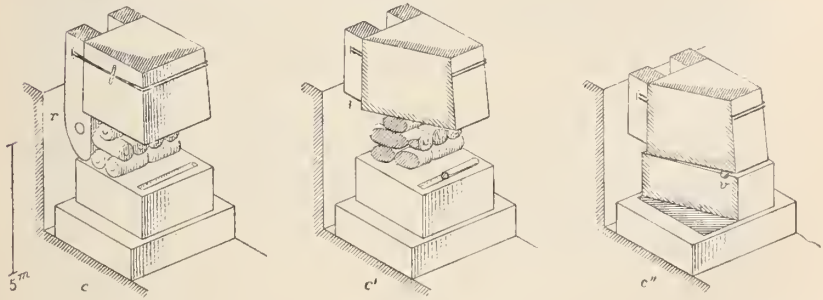


Fig. 13.

„ Le traîneau l'a suivi et protégé dans son mouvement. La crosse de ce traîneau gêne la descente.

„ Pour la recouper, empilons sur la base des sacs de sable (fig. 13, *c*) :

„ La masse une fois soutenue sur ces sacs, un trait de scie supprimera l'obstacle (*c'*) ; et, en vidant ces sacs, on amènera l'obélisque à sa place.

„ Ici se représente un incident que nous avons rencontré à propos des colosses :

„ Il faut empêcher la toile des sacs de rester emprisonnée entre le socle et le fût.

„ La solution est la même :

„ Des sachets logés en rainure reçoivent provisoirement la charge ; et ces sachets *v*, ouverts à leur tour, laissent dans la rainure et leur contenu et leur enveloppe. „

Ce dernier détail est bien caractéristique ; il a été l'occasion d'une éclatante confirmation des idées émises par l'auteur. A Karnak, un des obélisques d'Hatasou avait, depuis des siècles, sa base enfouie sous terre A la demande de M. Choisy, une fouille fut faite et elle mit au jour la rainure des petits sacs à sable là précisément où M. Choisy avait prévu leur existence.

Non moins curieuses sont les manœuvres décrites pour les herses des pyramides et les architraves des temples.

Un dernier paragraphe fournit, en un résumé saisissant, la comparaison des procédés de manœuvre des Égyptiens avec ceux des autres peuples de l'antiquité.

C'est avec les Grecs seulement qu'interviennent le plan incliné complété par le treuil, puis la chèvre et les palans qui suppriment tout terrassement.

“ Le système grec, dit pour conclure notre auteur, cette élégante adaptation de machines empruntées à l'art naval, convient à des cités maritimes, à des petits États où le nombre des travailleurs est limité, et qui doivent s'ingénier pour suppléer aux bras.

„ L'Égypte, dont les forces sont centralisées, peut aller plus droit au but : même sous la dynastie macédonienne des Ptolémées, nous la voyons attachée à ses méthodes traditionnelles. Elle les garde sous les Césars, et n'y renonce qu'au moment où elle cesse d'élever des temples. „

M. D'OCAGNE.

BIBLIOGRAPHIE

I

Théorie élémentaire des Séries. *Limites. Séries à termes constants. Séries à termes variables. Fonction exponentielle. Fonctions circulaires. Fonction gamma,* par Maurice Godefroy, bibliothécaire de la Faculté des Sciences de Marseille. Avec une préface de L. Sauvage, professeur à la Faculté des Sciences de Marseille. — Paris, Gauthier-Villars, 1903.

Nous avons déjà eu l'occasion d'analyser dans cette Revue un ouvrage de M. Godefroy sur la fonction gamma (1).

Les qualités remarquables d'exposition qui nous avaient frappé dans ce premier traité se retrouvent dans celui-ci. Comme nous le savons déjà, M. Godefroy professe pour les séries une prédilection marquée. Il en aime les ressources profondes ; il admire la richesse et l'harmonie de leurs transformations analytiques. Écrivant par inclination sur un sujet préféré, M. Godefroy avait toutes les chances d'écrire un bon livre et de l'écrire bien. Ne nous étonnons pas qu'il y ait réussi.

D'ailleurs, l'ouvrage de M. Godefroy arrive à son heure. Les anciens traités spéciaux écrits en français sur les séries sont déjà bien vieux et ne répondent plus aux tendances de notre temps. Depuis lors, les grandes lois qui dominent les fonctions analytiques et leurs développements en séries, les théorèmes généraux de Weierstrass et de Mittag Leffler ont jeté dans cette matière une lumière toute nouvelle. Autrefois, les principes généraux sur les séries se bornaient à quelques règles de convergence et de divergence. A part cela, on n'étudiait que quelques séries particulières, aucune loi générale ne s'apercevait

(1) T. LI, livraison d'avril 1902, p. 623.

dans leurs transformations, et l'on y voyait surtout l'habileté des calculateurs. — Aujourd'hui, l'étude des séries et de leurs transformations se rattache aux propriétés analytiques des fonctions qu'elles représentent ; on pourrait presque dire que les deux questions se confondent.

Cependant M. Godefroy ne se propose nullement de nous exposer la théorie générale des fonctions ni même de pousser bien loin celle des séries. C'est bien plutôt une introduction dans cette théorie qu'il a voulu écrire et c'est aux débutants qu'il s'adresse. Les cent premières pages du livre sont consacrées aux généralités (limites, séries à termes constants, séries à termes variables) ; les cent cinquante dernières, à des fonctions particulières (fonctions exponentielles et circulaires, fonction gamma). Il eût été bien facile à l'auteur d'introduire par ci par là la notion de variable complexe. Il ne l'a pas voulu. Cependant, sans qu'il en soit jamais directement question, toute l'ordonnance de la seconde partie du livre porte l'empreinte profonde de la théorie des fonctions analytiques. C'est ce qui différencie celui-ci des livres similaires dont nous parlions tout à l'heure et c'est ce qui le *modernise*. Par le fait même, il devient une introduction à la théorie des fonctions, à laquelle il prépare excellemment.

Ajoutons encore que M. Godefroy, très au courant de la bibliographie du sujet, sait *placer* très heureusement les résultats les plus récents. Au besoin même, il les complète et en tire profit. A ce propos, nous ne pouvons omettre de signaler la démonstration originale que l'auteur donne de la série de Stirling, sans l'intervention d'aucune intégrale définie. Cette démonstration comble, au moins en partie, les lacunes que nous avions signalées l'année dernière dans le traité de l'auteur sur la fonction gamma.

Enfin, M. Godefroy fait preuve d'une habileté remarquable dans la manière dont il procède pour renouveler sans cesse l'intérêt et piquer la curiosité du lecteur. Les notes bibliographiques et historiques mises au bas des pages, les rapprochements ingénieux, les aperçus sur le rôle et l'importance des résultats dans le développement de la science, tout cela y contribue avec la limpidité de la langue et l'élégance des formules. Nous engageons donc tout le monde, professeurs et élèves, à parcourir le livre de M. Godefroy, ils en auront de l'agrément et du profit.

L'ouvrage de M. Godefroy étant essentiellement didactique,

nous désirons présenter en terminant une observation, qui a une certaine importance au point de vue de l'enseignement.

Au début du Chapitre II, M. Godefroy distingue trois espèces de séries, dont voici les définitions :

Une série est *convergente* si la somme de ses n premiers termes tend vers une limite quand n devient infini ; une série est *divergente* si la somme des n premiers termes croît au delà de toute limite, pour $n = \infty$; une série est *indéterminée* si la somme de ses n premiers termes ne tend vers aucune limite, pour $n = \infty$.

Nous pensons bien que, si M. Godefroy ne range pas dans la seconde catégorie les séries dont la somme *décroît* indéfiniment, c'est un simple oubli. Aussi, n'est-ce pas pour cela que la distinction ne nous plaît pas.

Elle nous paraît d'abord inutile, et la distinction des séries en deux classes seulement, convergentes et non convergentes (ou divergentes), nous paraît préférable, parce qu'elle suffit et qu'elle est plus simple, partant plus nette.

Mais ce n'est pas tout, les termes mêmes de M. Godefroy ne nous paraissent pas correspondre exactement à ce qu'ils veulent dire.

Les mots *convergence* et *divergence* indiquent un *rapprochement* ou un *écart ;* dès lors, aucune série ne me paraît mieux mériter le nom de *divergente* qu'une série comme la suivante :

$$2 - 2^2 + 2^3 - 2^4 + \ldots\ldots,$$

dont les sommes successives s'écartent de plus en plus les unes des autres. Or cette série est *indéterminée* pour M. Godefroy.

Si donc il y avait lieu de distinguer réellement dès le début trois espèces de séries, ce qui nous paraît douteux, il vaudrait mieux sous-distinguer deux espèces de séries divergentes, savoir les *indéterminées* et les *infinies*.

Cette critique, si c'en est une, ne porte d'ailleurs que sur un point de pure forme et aucunement sur le fond de l'ouvrage. Nous en avons dit beaucoup de bien tout à l'heure et il nous en resterait beaucoup à dire.

Ch.-J. de la Vallée Poussin

II

La Mécanique. Étude historique et critique de son développement, par Ernst Mach. Ouvrage traduit sur la 4e édition allemande par Émile Bertrand. Professeur à l'École des Mines du Hainaut. Avec une introduction de Émile Picard, membre de l'Institut. Un volume grand in-8°, de IX-498 pages avec figures dans le texte. — Paris, librairie scientifique A. Hermann, 1904.

La *Mécanique* du professeur Mach offre une des lectures les plus variées que l'on puisse souhaiter. On y trouve des déductions mathématiques, mais aussi simplifiées que possible et exemptes de tout vain étalage de formules, de l'expérience, chose bien imprévue, pour un lecteur français, en un traité de Mécanique, et cependant bien essentielle à l'intelligence de cette science; de la philosophie, mais dépouillée de ce pédantesque jargon qui croit avoir atteint la profondeur lorsqu'il est plongé dans l'obscurité; des tableaux historiques, mais brossés par larges touches que n'alourdissent pas les minuties de l'érudition; de la polémique, enfin, mais sans aigreur ni personnalités. A ce livre varié, sobre, vivant, que manquait-il pour séduire le lecteur français? D'être écrit en français. En traduisant cet ouvrage, M. Émile Bertrand nous a ôté tout prétexte à l'ignorer plus longtemps.

1. L'ouvrage tout entier est dominé par une théorie sur la nature et la portée de la philosophie naturelle; cette théorie, il serait trop long de la discuter ici; mais du moins nous la faut-il résumer, car ses conséquences se prolongent jusqu'à l'exposition de la Mécanique rationnelle que nous présente le professeur Mach, et en imposent le plan.

La doctrine philosophique qui fait considérer au professeur Mach la science comme *économie de la pensée* s'est formée en lui depuis fort longtemps. Dès 1868, il l'exposait dans une conférence " sur les formes des liquides „ (1). En 1882, il la formulait d'une manière doctrinale dans un discours académique (2).

(1) E. Mach, *Die Gestalten der Flüssigkeit.* Prag, Calve, 1872. — E. Mach, *Populär-wissenschaftliche Vorlesungen.* Leipzig, 1896.

(2) E. Mach, *Die ökonomische Natur der physikalischen Forschung.* Vienne, Gerold, 1882. — E. Mach, *Populär-wissenschaftliche Vorlesungen.* Leipzig, 1896.

Depuis, il en a poursuivi les conséquences dans divers écrits et, notamment, en celui qui nous occupe.

" L'idée d'une économie de la pensée, dit M. Mach, se développa en moi par mes expériences professorales dans la pratique de l'enseignement. Je la possédais déjà lorsqu'en 1861 je commençai mes leçons comme *privat-docent*, et je croyais alors être seul à l'avoir, ce que l'on voudra bien trouver pardonnable. Mais aujourd'hui je suis, au contraire, convaincu qu'au moins un pressentiment de cette idée doit toujours avoir été un bien commun à *tous* les investigateurs qui ont réfléchi sur la recherche en général. „

Depuis l'époque où M. Mach a formulé sa doctrine sur la nature de la philosophie naturelle, des pensées plus ou moins analogues aux siennes se sont développées en Angleterre, en Allemagne, en France, dans les écrits de nombreux auteurs ; parmi ceux-ci, les uns subissaient plus ou moins directement l'influence du professeur de Vienne ; les autres, sans ressentir les heureux effets de cette influence, retrouvaient par leurs propres efforts des idées déjà découvertes ; naturellement, ils n'ont pas rendu aux recherches de leur prédécesseur inconnu la justice qu'elles méritaient (1).

L'immense multitude, l'infinie variété des objets proposés à la connaissance de l'homme excéderaient sans mesure l'ampleur et la perspicacité de son intelligence s'il lui fallait en conserver une mémoire qui fût le simple décalque de son expérience personnelle ; en outre, le temps et les moyens lui manqueraient pour transmettre à ses contemporains ou à la postérité les fruits de cette expérience. Il lui faut donc, avant d'emmagasiner en son esprit les apports de ses perceptions, qu'il les condense, qu'il les concentre, qu'il en extraie le suc de telle manière qu'il puisse loger dans une case aussi réduite que possible tout ce qu'une foule de faits renfermaient d'utile. Ce résumé, cette *abstraction*, au sens étymologique du mot, est l'objet propre du travail scientifique. En tout domaine, le progrès de la science a pour but de tenir le plus de réalité possible en une forme réduite le plus possible ; l'essence de ce progrès est une *économie* de plus en plus grande de la pensée.

Selon M. Mach, cette tendance à l'économie, considérée comme

(1) Qu'il nous soit permis d'excuser de la sorte l'absence du nom de M. Mach en des publications où nous avons parfois émis des pensées qui avaient avec les siennes plus d'une analogie.

principe directeur du labeur scientifique, est particulièrement saisissable dans le domaine des sciences physiques.

Dans la nature, il n'y a que des *faits ;* la loi unique qui, seule, entrera dans la science au lieu et place de faits multiples, est la copie, résumée par abstraction, des caractères communs entre tous ces faits, ou mieux, de ceux de ces caractères communs qui nous intéressent particulièrement.

" Lorsque nous parlons de causes et d'effets, nous faisons arbitrairement ressortir, dans la copie mentale d'un fait, les circonstances dont nous devons estimer l'enchaînement dans la direction qui est importante pour nous. Dans la nature, il n'y a ni causes, ni effets. La nature n'est présente qu'*une fois*. Les répétitions de cas semblables où A est toujours lié à B, c'est-à-dire les conséquences identiques de circonstances identiques, dans lesquelles consiste précisément l'essentiel de la relation de cause à effet, n'existent que dans l'abstraction que nous employons afin de copier les faits dans la pensée. „

Toute loi physique est donc le résumé économique d'un nombre immense de faits ; elle nous fait connaître non pas le tout de chacun de ces faits, mais le caractère que, pour une raison ou une autre, nous considérons comme important.

" Au lieu, par exemple, de noter un à un les divers cas de réfraction de la lumière, nous pouvons les reproduire et les prévoir tous lorsque nous savons que le rayon incident, le rayon réfracté et la normale sont dans un même plan et que $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n$. Au lieu de tenir compte des innombrables phénomènes dans des milieux et sous des angles différents, nous n'avons alors qu'à observer la valeur n en tenant compte des relations ci-dessus, ce qui est infiniment plus facile. La tendance à l'économie est ici évidente. Dans la nature, il n'existe d'ailleurs pas de loi de la réfraction, mais rien que de multiples cas de ce phénomène. La loi de la réfraction est une méthode de reconstruction concise, résumée, faite à notre *usage* et, en outre, *uniquement* relative au côté géométrique du phénomène. „

Les formules de plus en plus amples et générales de la Physique théorique ne sont que des concentrations, que des résumés abstraits poussés de plus en plus loin. " La science elle-même peut donc être considérée comme un problème de minimum, qui consiste à exposer les faits aussi parfaitement que possible avec la moindre dépense intellectuelle. „

2. Ces idées sur la nature d'une formule de Mécanique ou de Physique dirigent la méthode qui doit servir à prouver une semblable formule. Cette formule prétend uniquement être une représentation condensée de l'expérience ; la seule manière d'en éprouver la valeur, la seule *démonstration* dont elle soit susceptible consiste donc à la mettre en regard des faits qu'elle veut représenter ; elle sera d'autant meilleure qu'elle représentera un plus grand nombre de faits, avec une plus grande exactitude et par des procédés plus simples.

" Toute science a donc, selon nous, la mission de remplacer l'expérience. Elle doit, par conséquent, dans ce but, d'une part rester toujours dans le domaine de l'expérience et, d'autre part, en sortir, attendant toujours de celle-ci une confirmation ou une infirmation. Là où il est impossible de confirmer ou d'infirmer, la science n'a rien à faire... Les pensées *les plus scientifiques* sont celles qui restent valables sur le domaine *le plus étendu* et qui complètent et enrichissent *le plus* l'expérience. „

C'est donc par la comparaison de l'ensemble de ses conséquences aux faits d'expérience, de plus en plus nombreux, que la valeur d'une loi peut être établie; mais ce procédé de démonstration n'est pas un procédé d'invention ; il ne peut être employé que lorsque la loi est clairement formulée; il n'en peut suggérer la formule.

Les procédés d'invention ne se codifient pas; l'inventeur d'une loi se laissera suggérer l'énoncé de cette loi par les considérations les plus diverses ; l'induction, la généralisation, l'analogie seront le plus souvent ses guides préférés.

Mais ces considérations, qui poussent l'inventeur à considérer telle proposition comme l'énoncé d'une loi valable, ne sauraient suffire à convaincre ses contemporains ; d'autre part, ceux-ci ne peuvent éprouver la valeur de la loi en soumettant toutes ses conséquences au contrôle des faits ; cette épreuve exige des expériences qui ne sont point encore réalisées, que l'avenir de la science pourra seul fournir ; on est alors amené à donner de la loi nouvelle une prétendue *démonstration*.

Une telle démonstration prend pour axiomes un certain nombre, le plus petit possible, de propositions tirées de notre *connaissance instinctive*.

Un esprit prudent doit se tenir grandement en garde contre la valeur logique de semblables démonstrations.

Tout d'abord, il est extrêmement difficile d'énumérer toutes les connaissances instinctives qui sont réellement mises en

œuvre dans une telle déduction ; presque aucun auteur ne parvient à les expliciter toutes, sans omission ni répétition.

D'autre part, la connaissance instinctive n'est, après tout, qu'un amas, confus et inanalysé, de données expérimentales, acquises à des époques imprécises de notre développement intellectuel.

" Ces connaissances instinctives jouissent d'une confiance toute particulière. Ne sachant plus *comment* nous les avons acquises, nous n'en pouvons plus critiquer le mode d'acquisition. Nous n'avons en rien contribué à leur formation. Elles se présentent à nous avec une puissance que ne possèdent jamais les résultats de nos expériences réfléchies, volontaires, dans lesquels nous sentons toujours notre intervention. Elles nous apparaissent comme des choses libres de subjectivité, étrangères à nous, que nous avons cependant sous la main et qui nous sont ainsi plus proches que les faits isolés dans la nature. C'est à cause de cela que l'on attribue parfois aux connaissances de cet ordre une origine entièrement différente et qu'on les considère comme existant en nous absolument *à priori*, antérieurement à toute expérience... Cette opinion n'est pas soutenable. Aussi, quelle que soit leur importance dans le processus de développement de la science, l'autorité des connaissances instinctives doit toujours le céder finalement à celle des principes clairement posés et intentionnellement observés. Comme toutes les autres, les connaissances instinctives sont des connaisssances expérimentales. La connaissance instinctive est aussi sujette à l'erreur que la connaissance consciemment acquise. Elle n'a, somme toute, de valeur que dans des domaines qui nous sont très familiers.

„ Il vaut bien mieux, pour l'économie de la pensée et l'esthétique de la science, *reconnaître* un principe directement comme la clef de l'intelligence de *tous* les faits d'une même catégorie, et voir clairement *qu'il les pénètre tous,* que trouver nécessaire une démonstration préalable, boiteuse, rapiécée et basée sur des propositions obscures, dans lesquelles se trouve inclus déjà le principe que l'on veut prouver, mais qui nous sont *par hasard* antérieurement familières... En fait, cette manie de démonstration introduit dans la science une sorte de rigueur *fausse et absurde*. Quelques propositions sont tenues pour plus certaines, elles sont regardées comme la base nécessaire et inattaquable des autres propositions, alors qu'en réalité il ne leur revient qu'un degré de certitude au plus égal si pas moindre, et que l'on n'atteint pas même le degré de certitude que la science *rigou-*

reuse exige. On trouve souvent, dans les manuels, des exemples de cette fausse rigueur. „

Contre cette fausse rigueur, en étudiant le développement des principes de la Statique, M. E. Mach déploie toutes les ressources d'une impitoyable logique. Cette partie de son livre est peut-être celle qui arrêtera le plus longtemps le penseur.

3. Cependant, lorsqu'on veut enseigner à celui qui aborde une science telle que la Mécanique, une de ces formules économiques qui contiennent, concentrée et condensée, l'essence d'un nombre immense de faits, comment procédera-t-on? Énoncera-t-on brutalement la formule que l'on a en vue, en se bornant à y joindre l'affirmation que le développement ultérieur de la théorie la montrera toujours d'accord avec les faits? Selon ce qui précède, cette méthode serait logique; mais la psychologie la plus élémentaire nous montre qu'elle serait déplorable. Dans la loi ainsi présentée, le disciple ne verrait qu'une forme vide de tout contenu; elle lui demeurerait incomprise. Comment donc préparera-t-on son esprit à acquiescer à cette proposition et à en saisir le sens? En reprenant une voie analogue à celle qu'a suivie l'inventeur; en examinant les faits peu nombreux qu'il a d'abord étudiés, en reproduisant la suite d'analyses et d'extensions par laquelle il en a tiré la loi générale. La véritable introduction à l'énoncé d'un principe de Physique est une introduction historique :

“ Les éléments fondamentaux des notions que la Mécanique étudie se sont développés presque complètement à propos de recherches sur des cas spéciaux très simples de phénomènes mécaniques. L'analyse historique de ces problèmes particuliers reste d'ailleurs le moyen le plus efficace et le plus naturel de pénétrer les éléments essentiels des principes, et l'on peut même dire que ce n'est que par cette voie qu'il est possible de parvenir à la pleine compréhension des résultats généraux de la Mécanique. „

Depuis peu d'années, notre enseignement secondaire des sciences physiques tend de plus en plus à rejeter toute considération historique et à la regarder comme l'objet d'une curiosité vaine et oiseuse. Ceux qui se sont efforcés de promouvoir cette tendance auraient grand intérêt à méditer l'ouvrage du professeur Mach; je ne doute pas que cette lecture n'ébranle leur conviction; elle contribuerait, je pense, à leur donner cette conviction tout opposée, à laquelle l'expérience de l'enseignement ou

des examens a amené plus d'un professeur : celui-là n'a pas une compréhension complète et pénétrante d'une loi physique qui ne connaît pas, au moins en gros, les principes erronés que cette loi a remplacés et les efforts qu'elle a dû faire pour les supplanter.

D'ailleurs, M. Mach n'attribue pas seulement à l'étude de l'histoire une importance capitale pour l'intelligence de la science faite ; il y voit un guide précieux pour l'inventeur qui veut ouvrir des voies nouvelles :

" Pour la compréhension historique d'une science, il n'y a pas que la connaissance des idées adoptées et cultivées par les successeurs qui soit importante ; il est très important et très instructif de connaître les pensées passagères des chercheurs, même lorsqu'elles paraissent être des erreurs. L'étude historique du processus de développement d'une science est indispensable, si l'on ne veut pas que l'ensemble des principes qu'elle a réunis ne dégénère peu à peu en un système de choses acquises que l'on ne comprend qu'à moitié, sinon entièrement en un système de purs *préjugés*. Non seulement cette recherche historique fait mieux comprendre l'état actuel de la science, mais, en montrant qu'il est en partie *conventionnel* et *accidentel*, elle fait ressortir des possibilités nouvelles. De ce point de vue supérieur, auquel on arrive par des chemins divers, on peut embrasser d'un regard plus libre l'ensemble de la science et reconnaître des voies non encore parcourues. „

4. Quelque importance que le professeur Mach attribue à l'étude historique de la science, cette étude est pour lui un moyen et non pas un but. Il n'a pas pour objet de faire revivre à nos yeux les idées des premiers chercheurs, de restaurer les premières ébauches des doctrines que leurs successeurs ont adoptées, de suivre dans tous ses détails l'évolution par laquelle ces ébauches se sont peu à peu organisées, différenciées, complétées, pour devenir des théories étendues et détaillées. Il laisse ces recherches à l'historien de profession et au psychologue. S'il fait appel à l'histoire, c'est seulement pour mieux saisir le sens réel et concret des formules *économiques* qui constituent aujourd'hui la science.

Le livre que nous avons sous les yeux ne se pique donc pas d'être une histoire complète de la Mécanique, où le progrès de chacune des branches de la science soit minutieusement suivi depuis l'apparition du premier bourgeon jusqu'à la maturité des fruits. Dans la longue suite des transformations qui composent

un tel progrès, M. Mach choisit seulement ce qui aide à comprendre le plan définitif; tel un zoologiste qui demanderait seulement à l'embryologie d'éclairer l'anatomie de la forme adulte. En faisant ce choix, il abrège l'exposé des débuts trop anciens et trop confus pour que la science actuelle en ait gardé la marque, il laisse de côté maint tâtonnement qui n'a pas abouti, maint germe qui a avorté.

Ce droit de choisir, de porter seulement son attention sur certaines phases du développement scientifique, de traiter l'histoire plus en logicien qu'en psychologue, M. Mach le revendique hautement; les divergences entre M. Wohlwill et lui au sujet des idées de Galilée, lui suggèrent les lignes suivantes :

" Certes, pour un historien, toutes les *phases* du développement de son héros sont intéressantes, mais *l'une* d'elles peut s'effacer devant *les autres*. Il faudrait être un très mauvais psychologue et ne guère se connaître soi-même, pour ne pas savoir combien il est difficile de se dégager des opinions reçues et comment, après que l'on s'en est affranchi, les débris des conceptions anciennes flottent encore dans la conscience et provoquent des rechutes à propos de cas particuliers. Il n'en a pas été autrement pour Galilée. Mais le point qui éveille le plus l'intérêt du physicien est précisément le *premier éclair d'une conception nouvelle* et c'est celui ci qu'il recherchera. C'est ce premier éclair que j'ai cherché et je crois l'avoir trouvé. „

Traitée selon la méthode que revendique M. Mach, l'histoire de la Mécanique paraîtra infiniment intéressante au physicien, à celui qui cherche seulement dans le passé des lumières propres à éclairer le présent. S'ils oublient que tel est, en effet, le but que l'auteur a voulu atteindre, l'historien et le psychologue lui adresseront sans doute des reproches.

Dans son exposé, ils relèveront d'importantes lacunes; au long de l'histoire de la Statique, le nom de Descartes ne se lit nullement; Descartes, cependant, est le premier qui ait nettement distingué les deux notions de force et de travail, qui ait marqué le caractère infinitésimal du principe des déplacements virtuels.

Ils reprocheront surtout aux tableaux historiques tracés par M. E. Mach d'être trop simples, trop clairs, trop parfaitement ordonnés; l'évolution, telle que ces tableaux la retracent, tend trop constamment, trop sûrement au but qu'elle doit atteindre; la marche de l'esprit humain a été, en réalité, plus hésitante, plus tâtonnante; maintes fois, elle s'est égarée dans les inextricables broussailles de problèmes trop complexes; maintes fois, elle a dû

rebrousser chemin au bord du précipice d'une question insondable.

Ils reprocheront, enfin, à l'histoire telle que la conçoit M. Mach d'être trop *subjective*; elle porte trop profondément la marque des préoccupations qui hantent l'esprit de l'historien.

5. Ce dernier reproche, si l'on oubliait que M. Mach se pique d'être physicien et logicien plutôt qu'historien, on le lui adresserait sans doute en lisant le Chapitre qu'il consacre aux *Conceptions théologiques, animiques et mystiques dans la Mécanique.*

Dès les premières lignes de la préface, l'auteur nous présente son ouvrage comme un " travail d'explication critique animé d'un esprit *antimétaphysique* ".

Les fondements de la Mécanique et de la Physique théorique doivent être, aujourd'hui, entièrement indépendants de tout système métaphysique, *à fortiori* de tout système théologique ; ce principe, que M. E. Mach formule nettement et à plusieurs reprises, nul esprit sensé ne pourrait, croyons nous, en contester la justesse.

Mais l'adhésion générale des hommes de science à ce principe est un fait tout récent : si nous remontons en arrière, si nous reportons nos regards vers le passé, nous reconnaissons que, pendant de longs siècles, la Mécanique et la Physique ont été liées de la manière la plus étroite à la Métaphysique, à la Théologie, voire aux sciences occultes; pour ne citer qu'un exemple, on ne saurait comprendre les objections élevées contre le système de Newton par les atomistes et les cartésiens sans remonter jusqu'aux discussions métaphysiques de l'École sur la forme et la matière, sur la qualité et la quantité; et l'idée même d'attraction universelle s'est alimentée des sucs que ses premières racines ont puisés au sein des doctrines astrologiques.

Cette action et cette réaction incessantes des sciences philosophiques et théologiques sur la Mécanique et la Physique doivent être constamment présentes à l'esprit de celui qui prétend ressusciter les manières de penser des créateurs de la science; s'il les perdait un instant de vue, il serait vite égaré au milieu des discordances et des débats sous lesquels les lois de la philosophie naturelle ont poursuivi leur lente évolution.

Mais, bien souvent, ces lois, parvenues à leur forme définitive, se montrent entièrement sevrées de toutes les idées philosophiques et théologiques au sein desquelles elles ont longtemps puisé les

aliments nécessaires à leur développement ; l'adulte ne se souvient plus de la matrice où il a pris naissance.

Ceux donc qui cherchent seulement dans l'histoire de la science physique une connaissance plus complète de son contenu matériel et concret peuvent, presque toujours, rompre les liens nombreux de cette histoire avec l'histoire des systèmes philosophiques et théologiques. Ces liens, M. Mach n'en a gardé que quelques-uns. Quelques anecdotes nous montrent que plus d'un créateur de la Mécanique avaient une foi religieuse ; la liste est arrêtée au XVIIIe siècle, et Euler la termine ; les noms d'Ampère et de Cauchy auraient permis de la prolonger jusqu'au XIXe siècle. Nous apprenons également que plusieurs des grands novateurs scientifiques, Kepler entre autres, n'avaient pas su s'arracher aux superstitions de leurs contemporains. Les liens entre la science et les idées philosophiques que M. Mach signale à notre attention sont les plus frêles ; ce ne sont pas ceux qui ont, par une traction vigoureuse et prolongée, imprimé à la marche de la Mécanique une direction nouvelle et durable. Il les eût brisés ou négligés que son exposition n'y aurait rien perdu en profondeur et en unité.

6. *L'économie intellectuelle*, qui est, selon le professeur Mach, l'objet essentiel de la science, atteint son suprême degré dans la forme qu'il donne à la Mécanique ; il réduit, en effet, cette science à une proposition unique qui est la suivante :

Deux parties de matière dont les dimensions sont très petites déterminent l'une et l'autre des accélérations qui sont toujours directement opposées l'une à l'autre ; les grandeurs de ces deux accélérations sont entre elles dans un rapport qui, pour deux parties données de matière, est absolument fixe.

Il est aisé de voir, cependant, que cet énoncé ne suffit pas à lui seul à constituer la Mécanique ; il y faut joindre au moins deux autres propositions, dont la première a déjà sollicité l'attention de l'auteur (p. 213); voici cette première proposition :

Soient A, B, C *trois petites parties de matière ; si l'on envisage seul le couple* BC, *les accélérations de* B *et de* C *sont entre elles dans le rapport* α ; *si l'on considère le couple* CA, *les accélérations de* C *et de* A *sont entre elles dans le rapport* β ; *si, enfin, on isole le couple* AB, *les accélérations de* A *et de* B *sont entre elles dans le rapport* λ. *Entre les trois nombres* α, β, λ, *on a la relation*

$$\alpha\beta\lambda = 1.$$

Cette relation seule permet d'attacher à chaque petite partie de la matière un nombre invariable, la *masse* de cette particule, de telle sorte que le rapport des accélérations mutuelles de deux particules soit toujours égal au rapport inverse de leurs masses.

La seconde proposition essentielle à la constitution de la Mécanique est la suivante :

Dans un système formé par un certain nombre de particules matérielles, l'accélération de chacune de ces particules peut être regardée comme la résultante géométrique d'accélérations dont chacune est censée engendrée par l'une des autres particules.

La définition de la masse est ainsi reliée par M. Mach à la loi newtonienne de l'égalité de l'action et de la réaction. Cette définition fut indiquée pour la première fois par l'auteur dans une courte communication intitulée : *Ueber die Definition der Masse.* L'idée était trop neuve ; elle fut très froidement accueillie ; Poggendorff refusa de l'insérer dans ses *Annales* et elle ne parut qu'un an plus tard dans le *Repertorium der Experimental Physik* de Carl. Aujourd'hui, elle est couramment acceptée par un grand nombre de ceux qui enseignent la Mécanique.

7. Si, selon la méthode proposée par Laplace, systématiquement suivie par Poisson et, après lui, par une foule de mécaniciens, on regarde les corps comme formés de masses très petites isolées les unes des autres, les postulats proposés par M. E. Mach suffisent assurément à écrire les équations générales de la Dynamique. Leur caractère suffisant ne nous semble plus aussi certain ni aussi évident si l'on veut, à l'exemple de Lagrange, traiter les corps comme des milieux continus dont les diverses parties se gênent les unes les autres en leurs divers mouvements et constituent des *liaisons* les unes pour les autres.

M. Mach ne dissimule d'ailleurs pas ses préférences pour la méthode de Laplace et de Poisson, qu'il nomme *méthode de Newton ;* on ne saurait nier, en effet, que cette méthode ne se rattache très naturellement aux idées émises par Newton. Voici, par exemple, au sujet de la définition des corps solides, des passages que Laplace et Poisson n'eussent pas désavoués :

" Lorsque le volume occupé par une ou plusieurs des masses m_1, m_2.... est trop considérable pour que l'on puisse encore parler d'*une* ligne droite joignant deux d'entre elles, la difficulté de

principe n'augmente pas. Il suffit alors de partager la masse plus grande en un nombre très grand de parties très petites et de mener les droites joignant ces particules deux à deux. Dans ce cas, il faudra en outre tenir compte des relations mutuelles qui existent entre les parties d'une même grande masse. Pour des masses solides, cette relation consiste en ce que les parties s'opposent à toute variation de leurs distances mutuelles. Toute variation fait naître une accélération proportionnelle à cette variation, qui tend à augmenter la distance si celle-ci a été diminuée, à la diminuer si elle a été augmentée. Tout déplacement relatif de deux de ces particules met ainsi en jeu les forces connues sous le nom d'*élasticité*...

„ Aucun corps de la nature ne se trouve parfaitement au repos; au contraire, sous l'apparence de repos sont toujours cachées de petites trépidations et perturbations produites par de petits excès tantôt d'accélérations élastiques, tantôt d'accélérations graves... Le mouvement d'un corps élastique est un mouvement vermiculaire. Pour les corps durs, le nombre des oscillations est si grand et leurs amplitudes si petites qu'elles restent imperceptibles et qu'on peut les négliger... Une suffisante dureté des corps peut nous faire rester dans l'ignorance de ces oscillations. On donne le nom de *corps solides* à ces corps pour lesquels on peut, *à priori*, faire abstraction des déplacements mutuels des parties. „

Aux raisonnements dont nous venons de citer quelques extraits, M. Mach donne la conclusion que voici :

“ On peut se convaincre, par les considérations développées dans ce paragraphe, que les principes de Newton suffisent pour résoudre tout problème mécanique, pourvu que l'on prenne soin d'entrer assez dans les détails. Il faut alors, pour *élucider* un cas quelconque d'équilibre ou de mouvement, *considérer* toutes les accélérations produites par les réactions mutuelles des masses comme effectivement appliquées à celles-ci. On peut reconnaître ce même grand fait dans les phénomènes les plus variés; il donne aux conceptions physiques, d'une part une unité, une homogénéité et une économie fort grandes et, d'autre part, une fécondité auxquelles, avant Newton, il était impossible de songer.

„ La Mécanique n'a pas son but unique en *elle-même*. Elle doit aussi résoudre des problèmes divers, soit pour les besoins de la pratique, soit pour le soutien d'autres sciences. Il y a, en général, avantage à résoudre ces problèmes par d'autres méthodes que celles de Newton. Nous avons déjà dit que ces divers procédés sont, au fond, équivalents, mais il serait fort incommode de vou-

loir constamment en revenir aux conceptions purement newtoniennes, en dédaignant les avantages que peuvent offrir les autres ; il suffit d'avoir acquis la conviction que ce retour est toujours possible. Il convient d'ajouter que les conceptions de Newton sont véritablement *les plus satisfaisantes* et *les plus limpides*. Poinsot prouvait un sens élevé de la clarté et de la simplicité scientifiques en voulant les poser comme *seules* bases de la science. „

Nous ne souscririons pas entièrement à ces jugements du professeur de Vienne; nous ne croyons pas qu'il y ait toujours équivalence entre la méthode de Lagrange et la méthode que Laplace et Poisson ont tirée des principes de Newton ; nous pensons que l'extrême économie intellectuelle qui a présidé à la constitution de cette dernière méthode l'a trop appauvrie pour qu'elle puisse fournir une représentation satisfaisante de tous les phénomènes d'équilibre et de mouvement. Mais nous avons assez insisté ailleurs (1) sur ces considérations pour qu'il nous soit permis de les abréger ici.

8. Arrivons maintenant à une difficulté singulière que soulèvent les principes de la Dynamique. Newton avait déjà rencontré cette difficulté; bien d'autres penseurs s'y sont heurtés après lui; il y a une trentaine d'années, M. Carl Neumann et M. E. Mach ont, de nouveau, attiré sur elle l'attention des philosophes et des physiciens.

En premier lieu, il est bien certain que le *mouvement relatif* de deux corps l'un par rapport à l'autre est le seul mouvement que le physicien puisse observer et sur lequel le géomètre puisse raisonner. L'un et l'autre attribuent un sens précis à cette proposition : les deux corps A et B se meuvent l'un par rapport à l'autre ; elle signifie que l'ensemble des deux corps A et B n'a pas même configuration aux divers instants de la durée. Mais que l'on ne songe pas à leur demander si c'est le corps A qui se meut, ou le corps B, ou ces deux corps à la fois ; cette question, comme toute question relative au *mouvement absolu* d'un corps, n'a pour eux aucun sens ; lorsqu'ils parlent du mouvement d'un corps, ils supposent toujours qu'on a fait choix d'un terme de comparaison, d'un trièdre de référence auquel ce mouvement est rapporté.

(1) P. Duhem, *L'évolution de la Mécanique*, 1re Partie, Chap. VIII, Paris, 1903.

En second lieu, il est bien certain que la Mécanique ne peut formuler les lois auxquelles obéissent les mouvements d'un certain nombre de corps si elle se borne à considérer les mouvements relatifs de ces corps. Cette remarque est évidente si l'on considère la proposition fondamentale de la Dynamique telle que la formule M. E. Mach ; selon cette proposition, si l'on isole deux petites parties matérielles déterminées, leurs accélérations sont directement opposées et le rapport de ces accélérations a une valeur invariable. Or, pour qui connaît seulement le mouvement relatif des deux particules considérées, il est impossible de parler de l'accélération de chacune de ces deux particules ; ce sont là, pour lui, des mots vides de sens. Les deux particules n'ont d'accélérations que si l'on suppose le mouvement de leur ensemble rapporté à un certain trièdre de référence ; mais alors ces accélérations, leurs directions, leur rapport, dépendent essentiellement du trièdre de référence que l'on a choisi. Si la proposition précédente est exacte lorsqu'on fait choix d'un certain trièdre de référence, elle devient fausse, en général, lorsqu'on en prend un autre animé, par rapport au premier, d'un mouvement quelconque,

L'énoncé classique de la loi de l'inertie donnerait lieu à des remarques semblables. Un point matériel isolé, dit cette loi, est animé d'un mouvement rectiligne et uniforme. Pour le géomètre comme pour le physicien, si un point matériel était seul au monde, il serait absurde de parler de son mouvement ; quel repère permettrait de reconnaître ce mouvement ? On ne peut parler du mouvement d'un point matériel qu'en concevant en même temps l'existence d'un terme de comparaison à partir duquel on l'observe. Mais alors, si le mouvement de ce point est rectiligne et uniforme lorsqu'on le rapporte à un certain terme, il n'est plus en général rectiligne et uniforme pour qui le rapporte à un autre terme en mouvement relativement au premier.

Ces remarques, que l'on pourrait développer, conduisent toutes à cette conclusion : Les énoncés fondamentaux de la Dynamique supposent que tous les mouvements soient rapportés à un même trièdre de référence ; supposés exacts par rapport à un certain trièdre, ils le seront encore par rapport à un second trièdre, si le mouvement relatif de ces deux trièdres est un mouvement de translation uniforme ; hors ce cas, ils seront généralement faux, si l'on rapporte le mouvement au second trièdre.

La considération du *temps* nous aurait permis de développer des observations semblables à celles que nous venons de faire

touchant le mouvement. Ni le géomètre, ni le physicien ne sauraient traiter d'un *temps absolu*, mais seulement du *temps relatif* à une certaine horloge. Tous les énoncés de la Dynamique supposent qu'une certaine horloge ait été choisie. Vrais pour une certaine horloge, ils ne le seront plus en général pour une autre horloge, à moins que l'heure marquée par celle-ci ne soit une fonction linéaire de l'heure lue sur celle-là.

Tout système mécanique, construit selon les principes que Galilée, Huygens et Newton ont formulés, suppose donc le choix d'un trièdre de référence déterminé et d'une horloge déterminée. A cette proposition on peut joindre cette autre qui n'énonce plus qu'une loi approchée : On peut construire un système mécanique simple, et concordant avec l'expérience, en prenant un trièdre de référence auquel l'ensemble des étoiles fixes demeure lié d'une façon presque invariable et une horloge par rapport à laquelle le mouvement diurne est sensiblement uniforme.

Ceux qui voient seulement dans les théories physiques un symbole mathématique propre à figurer la réalité, mais sans relation de nature avec cette réalité, se contentent aisément de ce qui vient d'être dit ; ils admettent sans peine que, pour construire ce symbole, il faille faire appel à un trièdre de référence purement idéal, à une horloge purement idéale ; que rien, dans la réalité, ne corresponde à ce trièdre, à cette horloge, ce n'est point pour les scandaliser.

Il n'en va plus de même de ceux qui veulent voir dans les théories physiques, non pas un symbole, mais une intuition de la réalité ; ceux-là exigent que le terme de comparaison auquel la Dynamique rapporte les mouvements, que l'horloge sur laquelle elle lit les temps correspondent, non pas approximativement, mais exactement, à des objets réels.

Les uns veulent que ces objets soient réels, mais ils ne les supposent pas matériels ; avec Newton, ils admettent l'existence d'un *temps absolu*, d'un *espace absolu* ; sur la nature de ce temps et de cet espace, ils discutent en métaphysiciens ; tel Clarke, qui fait du temps absolu et de l'espace absolu les attributs de Dieu.

D'autres, plus positivistes, exigent que le terme auquel la Mécanique rapporte les mouvements ait une existence matérielle. Selon M. Carl Neumann, la forme des équations de la Mécanique postule l'existence d'un certain corps, le *corps absolument fixe* ou *corps* α. L'existence de ce corps découle des théories de la Dynamique et des vérifications qu'elles trouvent dans l'expérience, comme l'existence de l'*éther* résulte du succès de

l'Optique ondulatoire. M. Budde, poussant plus loin la même conception, croit que ce *corps* α est un milieu où tous les autres corps sont plongés.

" Je n'ai rien à objecter à la manière de voir de Budde, dit M. Mach, mais je pense que les propriétés de ce milieu peuvent être découvertes par un procédé physique quelconque et ne doivent pas être acceptées *ad hoc*. Des propriétés d'un tel milieu nous n'avons aujourd'hui aucune notion suffisante, non plus que des conditions de mouvement des corps qui s'y trouvent plongés. „

9. La Dynamique tout entière est condensée en un très petit nombre de propositions ; si cette Dynamique rendait compte de tous les phénomènes que nous présente le monde de la matière, l'*économie* de la pensée scientifique aurait atteint son plus haut degré.

Cette *explication mécanique* de tous les phénomènes physiques fut longtemps regardée comme l'objet propre de la science ; M. Mach n'hésite pas à regarder comme erronée cette conception de la Physique :

" Quand nous voyons, dit-il, les encyclopédistes du XVIIIe siècle se croire tout proche du but, qui était l'explication physico-mécanique de la nature entière, et Laplace imaginer un génie qui pourrait donner l'état de l'univers à un instant quelconque de l'avenir, s'il connaissait, à un instant initial, toutes les masses qui le composent, avec leurs positions et leurs vitesses, non seulement cette surestimation enthousiaste de la portée des conceptions physiques et mécaniques acquises dans le XVIIIe siècle nous semble bien excusable, mais elle est vraiment pour nous un spectacle réconfortant, noble et élevé, et nous pouvons sympathiser du fond de notre cœur avec cette joie intellectuelle unique dans l'histoire.

„ Maintenant qu'un siècle s'est écoulé, et que nous sommes devenus plus réfléchis, cette conception du monde des encyclopédistes nous apparaît comme une *mythologie mécanique* en opposition avec la *mythologie animique* des anciennes religions. „

Le professeur de Vienne reprend ailleurs la même idée ; en condamnant les excès du mécanisme, il définit la méthode selon laquelle la Physique doit progresser désormais. Qu'il nous soit permis de citer en entier les deux pages par lesquelles s'ouvre le Chapitre consacré aux *Rapports de la Mécanique et de la Phy-*

sique ; les pensées qui y sont exprimées nous semblent justes et fortes :

" Il n'existe pas de phénomènes purement mécaniques. Quand deux masses se communiquent des accélérations réciproques, il semble que là, tout au moins, il y ait un pur phénomène de mouvement. Mais à ce mouvement sont, dans la réalité, toujours liées des variations thermiques, magnétiques et électriques qui, dans la mesure où elles se produisent, modifient le phénomène. Inversement, des circonstances thermiques, magnétiques, électriques et chimiques peuvent déterminer un mouvement. Les phénomènes purement mécaniques sont donc des abstractions, intentionnelles ou forcées, dont le but est une plus grande facilité de l'examen. Il en est de même de toutes les autres catégories de phénomènes physiques. En toute rigueur, tout phénomène appartient à toutes les branches de la Physique, qui n'ont été distinguées l'une de l'autre que pour des raisons conventionnelles, physiologiques ou historiques.

„ L'opinion qui fait de la Mécanique la base fondamentale de toutes les autres branches de la Physique, et suivant laquelle tous les phénomènes physiques doivent recevoir une explication *mécanique* est, selon nous, un préjugé. La connaissance la plus ancienne au point de vue historique ne doit pas *rester* la base de la compréhension des faits découverts plus tard. Dans la mesure où un plus grand nombre de phénomènes sont connus et catégorisés, des conceptions directrices entièrement nouvelles peuvent surgir et s'instaurer. Aujourd'hui, il nous est encore impossible de savoir quels sont les phénomènes physiques qui pénètrent *le plus au fond* des choses, ou de savoir si le phénomène mécanique n'est pas précisément le plus superficiel de tous, ou si tous ne sont pas d'une *égale pénétration.* En Mécanique même, on ne considère plus la loi la plus ancienne, celle du levier, comme la base de toutes les autres.

„ La conception mécanique de la nature nous apparaît comme une hypothèse fort explicable historiquement, excusable et peut-être fort utile pour un temps, mais, somme toute, artificielle. Pour rester fidèles à la méthode qui a conduit les chercheurs les plus illustres, Galilée, Newton, Sadi-Carnot, Faraday, J.-R. Mayer, à leurs grandes découvertes, nous devons limiter notre science physique à l'expression des *faits observables,* sans construire des hypothèses *derrière* ces faits, où plus rien n'existe qui puisse être conçu ou prouvé. Nous avons donc simplement à découvrir les dépendances réelles des mouvements de masses,

des variations de température, des changements de valeur de la fonction potentielle, des changements d'état chimique, sans nous rien imaginer d'autre sous ces éléments qui sont les caractéristiques physiques directement ou indirectement données par l'observation. „

10. Cette méthode, M. Mach l'a appliquée, en divers ouvrages, aux phénomènes thermiques (1) ; dès 1872 il a donné, touchant l'usage qu'on en pouvait faire en l'étude des phénomènes électriques, quelques indications reproduites au présent ouvrage ; fort justement, l'auteur remarque que la méthode préconisée par lui est celle que Cohn et H. Hertz ont employée en des Mémoires célèbres; il convient seulement d'observer que M. Mach se bornait à traiter des phénomènes électrostatiques, tandis que ses successeurs ont groupé dans une même théorie ces phénomènes et les effets électromagnétiques.

La Thermodynamique, telle que l'ont conçue Kirchhoff et M. Mach, la science électrique, telle que la construisent Hertz et Cohn, sont bâties sur un plan semblable à celui que M. Mach impose à la Mécanique. Au début, un petit nombre d'hypothèses ou d'équations sont *postulées* d'emblée dans toute leur généralité ; ainsi, à la base de la Thermodynamique, on pose le principe de la conservation de l'énergie et le principe de Carnot-Clausius ; à la base de l'Électricité, on inscrit les six équations de Maxwell et l'expression de l'énergie électrique. L'Analyse mathématique tire alors des principes posés une foule de conséquences. Ces conséquences, enfin, sont comparées aux faits d'expérience ; la concordance entre ceux-ci et celles-là est la preuve que la théorie est bonne.

Si satisfaisantes que soient les théories ainsi construites, elles présentent un défaut qui ne leur permet pas de satisfaire entièrement le penseur. Elles sont *isolées* les unes des autres. Chacune d'elles, issue de principes autonomes, forme un Chapitre à part, sans lien avec les autres Chapitres dont l'ensemble constitue la Physique.

Ce morcellement de la science physique ne saurait contenter un philosophe convaincu que " tout phénomène appartient à la fois à toutes les branches de la Physique „. Aussi le professeur de Vienne recommande-t-il de chercher les liens d'*analogie* qui

(1) E. Mach, *Die Geschichte und die Wurzel des Satzes der Erhaltung der Arbeit.* Prague, 1872. — *Principien der Wärmelehre.* Leipzig, 1896.

peuvent exister entre les diverses parties de la Physique : " Il est fort utile de comparer entre eux les concepts directeurs dans les divers domaines de la connaissance scientifique ".

Cette recherche même de l'analogie entre les divers Chapitres de la théorie ne lui apparaît pas comme le but dernier à atteindre, mais comme un acheminement vers un idéal plus élevé :

" La poursuite de ces analogies et de ces dissemblances conduit à une *Physique comparée* qui permettra un jour l'expression synthétique de très vastes domaines de faits, sans additions *arbitraires*. On en arrivera alors à une Physique homogène, sans faire appel à l'artifice des théories atomiques. "

L'*économie de la pensée*, dans laquelle M. Mach voit le but logique de la science, nous presse, en effet, de substituer à l'ancienne Mécanique une science dont les principes, de plus en plus généraux, nous donnent la représentation résumée d'un ensemble de faits de plus en plus vaste. Depuis quelques années, nous voyons se multiplier les tentatives qui ont pour objet l'édification d'une telle *Énergétique*.

Ces tentatives, M. Mach reproche à Hertz de les avoir " traitées beaucoup plus méchamment qu'il ne convient " ; il en parle lui-même avec faveur ; et, bien qu'il ne se soit pas efforcé de nous donner un projet d'Énergétique, nous pouvons le compter au nombre des précurseurs et des promoteurs de cette doctrine nouvelle ; elle est, en effet, l'aboutissant naturel des principes qu'il a posés.

11. M. Mach est un adversaire résolu de la philosophie qui prétend réduire tous les phénomènes du monde matériel au mouvement, de cette philosophie dont Descartes a été le législateur. La réaction qu'il propose contre la philosophie cartésienne va, du reste, plus loin. Entre le *monde de la matière*, dont l'essence est l'*étendue* et le *monde des esprits*, dont l'essence est la *pensée*, la philosophie cartésienne avait tracé un fossé profond comme un abîme ; ce fossé, M. Mach entrevoit le temps où il sera comblé :

" Une recherche physique plus circonspecte conduira à l'analyse des sensations. Nous reconnaîtrons alors (et nous commençons actuellement à le faire), que notre sensation de la faim n'est pas essentiellement différente de la tendance de l'acide sulfurique vers le zinc, et que notre volonté n'est pas si différente de la pression de la pierre sur son support. Nous nous retrouverons ainsi plus près de la nature sans qu'il y ait besoin de nous

résoudre en une incompréhensible nébuleuse de molécules, ou de faire de l'univers un système de groupements d'esprits. On ne peut naturellement que conjecturer la *direction* dans laquelle on peut s'attendre à ce qu'une recherche longue et pleine de fatigue conduise vers la lumière. Ce serait faire de la mythologie et non de la science que de vouloir *anticiper* sur le résultat ou essayer de l'introduire, si peu que ce soit, dans les recherches scientifiques actuelles. „

Le passage que nous venons de citer eût été favorablement accueili par Leibniz ; car, selon lui, les phénomènes que nous présentent les corps " ne consistent pas seulement dans l'étendue et son changement tout nud „, mais " il faut nécessairement y reconnaître quelque chose qui aye du rapport aux âmes „. Ce passage eût été, surtout, salué par les anciens scolastiques comme un retour à leurs doctrines préférées ; pour eux, en effet, comme pour M. Mach, la force qui entraîne le fer vers l'aimant, *altération* engendrée par la présence de l'aimant en la *forme substantielle* du fer, n'était pas essentiellement différente de la sympathie ou de l'appétit qui nous sollicite vers une personne ou une chose, car cette passion n'est qu'une *altération* engendrée par la présence de l'objet dans l'âme, *forme substantielle* de l'homme.

M. Mach subit donc, comme tant d'autres, la poussée de ce grand courant qui fait dériver la pensée scientifique vers des doctrines que l'on croyait naguère abandonnées sans retour.

Arrêtons cette analyse, trop longue si on la compare à la norme habituelle d'un compte rendu bibliographique, trop courte pour embrasser les pensées, amples et multiples, que suggère la lecture du livre de M. Mach. Ce livre a été écrit pour empêcher la Mécanique de dégénérer en une suite de formules exactes et précises, mais sèches et stériles. Dans l'enseignement français, pour des causes qu'il est inutile d'énumérer, car tout le monde les connaît, la Mécanique, peu à peu vidée de tout contenu réel, se trouve réduite à une forme rigide, mais morte ; dans l'Introduction qu'il a écrite pour le présent ouvrage, M. E. Picard n'hésite pas à qualifier la Dynamique enseignée aujourd'hui de " Science hiératique et figée „. Que les maîtres et les étudiants lisent et méditent la *Mécanique* du professeur Mach ; ils y trouveront les principes de résurrection qui, sur les ossements desséchés de ce squelette, feront renaître la chair, vivante et palpitante.

P. Duhem.

III

Évaluation numérique des grandeurs géométriques, par J. Pionchon, Professeur à la Faculté des Sciences, Directeur de l'Institut électrotechnique de l'Université de Grenoble (Ouvrage faisant partie de la *Bibliothèque de l'Élève-Ingénieur*). Un vol. in-8° de 128 pages. — Paris, Gauthier-Villars. Grenoble, Gratier et Rey, 1903.

Située au centre d'une région dont l'importance industrielle croît de jour en jour en raison de l'exploitation de plus en plus développée de la source d'énergie qui se rencontre dans les chutes d'eau (houille blanche) des Alpes dauphinoises, l'Université de Grenoble a été amenée à donner une plus large base à la partie technique de son enseignement, de façon à assurer le recrutement local des ingénieurs destinés à diriger les diverses branches de l'industrie régionale. Tel a été le point de départ de cette *Bibliothèque de l'Élève-Ingénieur* pour laquelle M. Pionchon a rédigé la brochure que nous signalons ici.

Une des principales applications de la géométrie, dans le domaine de la technique de l'ingénieur, est celle qui vise l'évaluation numérique des grandeurs géométriques. Outre son intérêt propre, elle a l'avantage d'habituer l'esprit, sur des cas relativement simples, à la méthode générale permettant de réduire à des nombres la comparaison entre des grandeurs concrètes de même espèce. Les notions qu'elle exige existent, à la vérité, dans les Traités généraux de Géométrie, mais éparses et noyées dans un ensemble où le débutant peut avoir quelque peine à les discerner clairement. Réunies à part, dans un exposé méthodique qui, au prix d'une terminologie spéciale, les fait éclore suivant un processus uniforme, elles acquièrent une bien plus grande netteté en même temps qu'une force nouvelle pour la formation de l'esprit. Telle est l'idée qui a guidé M. Pionchon dans la rédaction de son petit ouvrage. Sa méthode se résume d'ailleurs dans ces quelques lignes de son avant-propos :

" Faire correspondre à chaque grandeur un nombre constituant ce qu'on peut appeler son *module* et tel que deux grandeurs de l'espèce considérée soient entre elles comme leurs modules ; définir la *valeur numérique* d'une grandeur comme le rapport de cette grandeur à une grandeur de la même espèce

prise pour unité : adopter, en particulier, comme grandeur-unité, celle dont le module est égal à 1, ce qui a l'avantage d'identifier la valeur numérique d'une grandeur à son module : telle est, en quelques mots, la philosophie de la méthode en question qui, exposée ici pour les grandeurs les plus simples, sera ensuite systématiquement étendue aux grandeurs plus complexes qu'offrent la mécanique et la physique. „

L'auteur applique successivement sa méthode aux longueurs, aux angles, aux courbures, aux aires et aux volumes. L'adoption de quelques néologismes judicieusement choisis lui permet d'ailleurs d'introduire une remarquable unité dans la marche suivie pour ces divers cas. Il traite, en terminant, de l'influence du choix de l'unité de longueur sur l'évaluation numérique des grandeurs géométriques.

Nous nous permettrons de regretter une petite omission, bien de détail à la vérité, et qui n'est sensible qu'en raison des tendances philosophiques qui se manifestent dans la contexture générale de l'ouvrage. Voici ce dont il s'agit : les notions de *courbure totale* et de *courbure moyenne* pour une surface, dues respectivement à Gauss et à Sophie Germain et d'une si haute importance par ailleurs, présentent le défaut de ne pas conduire au seul plan comme surface de courbure nulle en tout point (1) conformément à la notion, un peu confuse il est vrai, qui résulte du langage ordinaire.

Or, Casorati, en modifiant convenablement le point de départ de la définition de Gauss est parvenu, dans une note fort intéressante (Acta Mathematica, t. XIV, p. 95) à dégager une nouvelle notion de courbure de surface, à laquelle on a proposé de donner le nom de *courbure moyenne quadratique*, et qui, se traduisant, au moyen des rayons de courbure principaux R_0 et R_1, par l'expression $\frac{1}{2}\left(\frac{1}{R_0^2}+\frac{1}{R_1^2}\right)$, ne s'annule en tous points de la surface que pour le seul plan. L'auteur, à côté des conceptions de Gauss et de Sophie Germain, aurait, sans doute, pu faire une petite place à celle de Casorati.

S'affranchissant, dans un appendice, de la limitation que lui imposait l'objet pratique de son exposé, M. Pionchon développe une remarquable théorie générale de l'étude quantitative et de

(1) La courbure totale est nulle en tout point d'une surface développable quelconque, la courbure moyenne en tout point d'une surface minima quelconque.

la désignation numérique des grandeurs géométriques envisagées à un point de vue purement abstrait, qui charmera tous ceux que séduit le côté philosophique de la science.

M. O.

IV

Poussée des terres. Stabilité des murs de soutènement, par Jean Resal, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées (Cours professé à l'École des Ponts et Chaussées, faisant partie de l'*Encyclopédie des Travaux publics*). Un vol. in-8° de 254 pages. — Paris, Béranger, 1903.

M. J. Resal, universellement connu comme auteur et constructeur des Ponts Mirabeau et Alexandre III jetés sur la Seine dans la traversée de Paris, professe à l'École des Ponts et Chaussées, en outre du cours de Ponts métalliques, celui de Résistance des Matériaux.

Fils d'Henri Resal, dont les travaux sur la Mécanique générale jouissent d'une si haute notoriété, le distingué professeur de l'École des Ponts et Chaussées ne dément pas ses origines. Rompu aux véritables exigences de la pratique, il sait y faire concourir toutes les ressources de la théorie. Non moins habile à manier des formules qu'à diriger des chantiers, il a le rare privilège de jouir d'une autorité incontestée aussi bien dans un domaine que dans l'autre. On peut, d'après cela, juger de l'importance de son enseignement, et, par voie de conséquence, du haut intérêt qu'offrent les livres par lesquels il le répand.

Dans son cours de l'École des Ponts et Chaussées, il sépare nettement ce qui a trait à la *Résistance des matériaux* proprement dite de ce qui touche à la *Stabilité des constructions*.

" La *Résistance des matériaux* proprement dite, science abstraite, dit-il, a pour objet l'étude des conditions d'équilibre élastique des corps naturels, lorsqu'ils sont soumis à des forces extérieures.

„ La *Stabilité des constructions*, science d'application, utilise les formules de la Résistance des matériaux en vue d'assurer l'exécution d'ouvrages stables, c'est-à-dire solides et durables, en se servant des matériaux dont les propriétés élastiques

répondent aux conditions imposées par la Résistance des matériaux. »

Cette distinction fondamentale a déjà donné naissance, sous la plume du savant ingénieur, à deux importants volumes (1) fort appréciés, dès leur apparition, de tous les constructeurs, et qui font autorité en la matière.

L'auteur, ne s'étant attaché dans ces deux volumes qu'aux systèmes formés de corps rigides, avait laissé de côté la question toute spéciale de la poussée des terres et de la stabilité des murs de soutènement. Il la traite à fond dans un dernier volume qui vient de paraître en complétant très heureusement l'ensemble des deux précédents. Ce nouveau volume, non moins assurément que ceux-ci, offre les caractères d'une œuvre originale ainsi que nous allons essayer de le faire ressortir en quelques lignes.

On se contente encore souvent aujourd'hui, pour le calcul de la poussée des terres, de méthodes empiriques, fondées sur une hypothèse formulée dès 1773 par Coulomb, et dont la plus célèbre, donnée par Poncelet, a dû sa vogue au fait qu'elle n'exige que des constructions graphiques assez simples. Mais en dehors du cas des murs d'escarpe des fortifications, en vue duquel elle avait d'ailleurs été imaginée et auquel elle s'applique assez bien, la règle de Poncelet ne comporte qu'une approximation trop insuffisante pour que son emploi puisse être généralisé.

D'autres problèmes, d'une urgence plus manifeste, tels que ceux qui dérivent de la considération des systèmes de pièces rigides, droites ou courbes, ayant sollicité l'attention des ingénieurs, l'effort général des chercheurs s'est plutôt porté de ce côté, ce pendant que la théorie de l'équilibre des massifs sans cohésion restait confinée dans un assez grossier empirisme.

Une première tentative pour dégager la théorie des liens qui entravaient son essor était faite en 1856 par Rankine et renouvelée en 1870 par M. Maurice Lévy qui, sans en avoir eu connaissance, retrouva les résultats obtenus par le savant écossais dans le cas particulier d'un massif indéfini limité par une surface libre plane.

La contribution la plus importante acquise depuis lors est due

(1) *Résistance des matériaux* (un vol. in-8° de 516 pages) et *Stabilité des constructions* (un vol. in 8° de 647 pages). Ces deux ouvrages, parus respectivement en 1898 et 1901, font partie de l'*Encyclopédie des Travaux publics* et sont édités par la maison Béranger, 15, rue des Saints-Pères, à Paris.

à M. Boussinesq, par l'introduction, en outre de la surface libre plane, d'un plan terminal invariable.

C'est en s'engageant à son tour dans la voie ouverte par M. Boussinesq que M. J. Resal est parvenu à résoudre le problème général de l'équilibre d'un massif sans cohésion limité par deux plans quelconques, surfaces libres ou surfaces de soutènement, problème dont la solution lui a en outre permis, par voie d'extension, d'atteindre, avec une suffisante approximation, à des cas encore plus généraux. C'est le résultat des recherches personnelles de M. Resal qui fait le fond de son nouveau volume; il y est d'ailleurs encadré dans un exposé d'ensemble d'une remarquable netteté.

Le premier Chapitre a pour objet de faire connaître les principes de Mécanique rationnelle qui interviennent dans la question. Il traite de la distribution des actions moléculaires autour d'un point, dans un plan de symétrie d'un corps dépourvu de cohésion. Après avoir établi les formules dans lesquelles se résume l'étude de cette distribution, l'auteur fait connaître la traduction géométrique qui en a été donnée, en 1884, par M. d'Ocagne, et qui le conduit, un peu plus loin, à des constructions commodes pour divers problèmes particuliers. C'est au cours de cette étude que M. Resal introduit les notions fondamentales de ligne de charge et de ligne de poussée, qui lui ont fourni la solution rigoureuse et complète du problème qu'il avait en vue.

Le Chapitre II, relatif à l'équilibre d'un massif limité par une surface libre plane, et qui reproduit la solution de Rankine et M. Lévy, est très heureusement complété par des applications touchant la fondation des ouvrages en pleine terre et la compression préalable du sol, qui sont d'un notable intérêt pour les constructeurs.

C'est dans le Chapitre III que M. Resal développe la solution qu'il a lui-même obtenue pour le cas où le massif indéfini est limité par deux plans. Il commence par déterminer l'équation différentielle de la ligne de poussée. Ce calcul délicat aboutit à une équation qui n'est pas intégrable en termes finis et ne se prête, par conséquent, qu'à un tracé approximatif facilité d'ailleurs par certains changements de variables indiqués par l'auteur. En outre, une discussion très habile, faite sur l'équation différentielle même, permet à M. Resal de mettre en évidence quelques propriétés géométriques des lignes de poussée d'où il déduit une classification complète des types distincts que peut

offrir la disposition de ces lignes pour un terrain défini par son angle de frottement. A la suite de ces généralités, l'auteur aborde séparément quelques cas particuliers contenus dans l'énoncé de son problème : massif limité par deux surfaces libres ; par une surface libre et par le parement plan d'un mur de soutènement ; par deux parements plans de maçonnerie. Il dit aussi quelques mots du problème relatif au massif limité par une surface libre et par deux plans invariables, divergents ou verticaux. On ne peut d'ailleurs manquer d'être frappé du soin et de l'habileté avec lesquels sont poussées toutes les discussions.

L'auteur aborde ensuite une étude accessoire au sujet principal mais d'une haute importance pratique : celle des plans de glissement déterminés dans des couches terrestres par des bancs minces d'argile plastique, en vue de laquelle il tire le plus heureux parti de la représentation géométrique de M. d'Ocagne, rappelée plus haut.

Le Chapitre se termine par une critique sommaire de l'hypothèse du prisme de plus grande poussée de Coulomb, critique qui résulte de l'incompatibilité de cette hypothèse avec les démonstrations précédentes, et par quelques observations sur les recherches expérimentales relatives à la poussée des terres, notamment sur celles de MM. Ardant et G. H. Darwin.

Dans le Chapitre IV, qui est le plus développé de l'ouvrage et celui que les ingénieurs consulteront avec le plus de fruit, l'auteur, à défaut des calculs rigoureux qui deviendraient à peu près impraticables, s'efforce de dégager quelques règles approchées, d'un emploi commode et ne risquant jamais de conduire à des résultats absurdes ou, tout au moins, exagérés. C'est ici que s'affirme sa maîtrise en tant que technicien rompu aux choses de la pratique.

A la surface libre plane limitant un massif homogène, au parement intérieur homogène contre lequel s'appuie ce massif, la réalité substitue la surface accidentée d'un terrain formé de couches diverses, et un parement constitué par plusieurs surfaces planes ou même par des parties de surfaces courbes. Quelle indication peut alors fournir la solution théorique précédemment développée ? C'est ce qu'examine l'auteur en se fondant sur l'allure générale des lignes de charge dans les massifs considérés. Ainsi qu'il en fait la remarque, l'erreur imputable à l'emploi des formules auxquelles il aboutit, qui est nulle quand on retombe sur le cas traité dans le troisième chapitre, est toujours sans importance, au point de vue pratique, dans tous les autres cas où on peut avoir à les faire intervenir. En tout cas, les indica-

tions fournies par ces formules, qui ne sauraient jamais s'écarter sensiblement de la vérité, sont toujours plus approchées que celles qui résulteraient de l'application de la règle de Poncelet.

D'après les mêmes principes, l'auteur traite un certain nombre de problèmes usuels : terrain divisé en couches de nature différente ; terrain portant des surcharges ; remblai compris entre deux murs parallèles.

En ce qui concerne la poussée sur les murs à parement intérieur polygonal ou courbe, M. Resal, après avoir indiqué son mode de calcul (dont les erreurs sont de même ordre que celles du calcul des coefficients de poussée eux-mêmes), insiste en détail sur les circonstances susceptibles de relever la poussée au-dessus du minimum calculé et sur les précautions à prendre à leur sujet.

La formule relative à la butée des terres est purement empirique ; mais elle se justifie par les indications fort plausibles auxquelles elle conduit. Quant à la règle relative aux surfaces de butée, obliques ou courbes, elle est fondée sur l'allure générale des lignes de charge et fournit des résultats approximatifs qui, dans le cas envisagé, sont toujours suffisants.

Le reste du chapitre est consacré à la recherche des dispositions les plus avantageuses à attribuer aux ouvrages de soutènement, pour assurer leur stabilité dans les conditions les plus économiques. Il y est dit quelques mots des murs d'arrêt, destinés à contenir les terrains en mouvement ou à maintenir des couches glissantes. Leur rôle est tout différent de celui des murs de soutènement et motive des dispositions spéciales.

Le Chapitre V et dernier est principalement destiné à fournir des renseignements numériques : densité et angle de frottement des terres ; coefficients de poussée ; coefficients de butée. L'auteur y développe, en outre, complètement quelques applications numériques propres à fixer la marche à suivre dans la mise en œuvre de sa méthode.

Outre l'avantage d'une plus grande généralité et d'une plus grande rigueur, la méthode de M. Resal a encore, sur les méthodes anciennes dérivées du postulat de Coulomb, celui de se traduire par des calculs plus brefs et plus simples. Elle permet d'ailleurs de combiner facilement les règles spéciales qui se rapportent aux divers cas particuliers traités à part, en vue de la résolution des cas complexes qui réunissent toutes les conditions correspondantes. C'est assez dire de quel prix elle sera désormais pour les ingénieurs. M. O.

V

Cours d'Électricité, par H. Pellat. — Tome II. Électrodynamique. Magnétisme. Induction. Mesures électromagnétiques. Un vol. in-8° de 554 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1903.

Le sous-titre de ce deuxième volume du cours de M. Pellat montre déjà à lui seul, que le distingué professeur de la Faculté des Sciences de Paris est resté fidèle à la méthode indépendante et originale adoptée par lui dans son Électrostatique. Au lieu de suivre le développement historique des questions, il recherche l'exposé le plus logique, qui se trouve souvent aussi être le plus simple, sinon le plus intuitif. " Nous commencerons ce Cours, dit-il à la fin de l'Introduction, par l'étude des phénomènes électrodynamiques, contrairement à la marche suivie habituellement : cet ordre aura l'avantage d'éviter des calculs compliqués, d'abréger l'exposition et de présenter la notion de *quantité de magnétisme* sous son véritable jour, c'est-à-dire comme un intermédiaire mathématique très commode, mais ne présentant aucune réalité physique. „

On part donc des expériences d'Ampère sur les actions mutuelles des courants. Relevons, chemin faisant, une modification heureuse de l'expérience par laquelle Ampère a voulu montrer l'action mutuelle des portions consécutives d'un même courant, au moyen d'une double cuve remplie de mercure sur lequel flotte un conducteur formé de deux branches parallèles réunies par un pont. La plupart des auteurs se contentent de faire remarquer que cette expérience n'est pas concluante. M. Pellat indique un moyen facile de lui rendre cette force probante qui lui manque. Il suffit de vernir le conducteur sur toute sa longueur, sauf aux deux bouts. De la sorte les éléments du courant entre lesquels se manifeste la répulsion sont bien dans le prolongement l'un de l'autre.

Partant donc des expériences d'Ampère et des mesures de W. Weber, M. Pellat introduit les quantités de magnétisme de la manière suivante :

" Considérons une matière fictive appelée *magnétisme nord* et une autre matière fictive appelée *magnétisme sud*, auxquelles nous attribuons les propriétés suivantes :

„ Si deux points A et B sont chargés de magnétisme nord, ils

se repoussent suivant la droite qui les joint ; il en est de même si les deux points sont chargés de magnétisme sud ; enfin, si l'un des points est chargé de magnétisme nord et l'autre de magnétisme sud, ils s'attirent suivant la droite qui les joint. L'expression de l'action mutuelle qui sollicite ces points est dans tous les cas :

$$f = a\,\frac{qq'}{r^2}, \tag{1}$$

r désignant la distance des points A et B, q et q' étant deux facteurs que l'on appelle les *quantités de magnétisme* respectives de chacun de ces points, et a étant une constante numérique, invariable pour un même système d'unités et ne dépendant que de ce système.

„ Cette définition étant donnée, considérons deux solénoïdes. Ampère a démontré que les actions mutuelles des deux solénoïdes sont les mêmes que si leurs faces terminales étaient reconvertes d'une certaine quantité de magnétisme, dont nous allons préciser la valeur et la distribution.

„ Envisageons l'un des solénoïdes. Celui-ci a deux extrémités qui sont respectivement nord et sud ; imaginons que le plan du dernier courant, du côté de l'extrémité nord (ou un plan infiniment voisin de celui-ci), soit uniformément recouvert d'une quantité q de magnétisme nord, donnée par la relation

$$q = \frac{si}{\varepsilon}. \tag{2}$$

i désignant l'intensité du courant, s la surface commune embrassée par chacun des circuits fermés identiques dont l'ensemble constitue le solénoïde, et ε la distance très petite de deux de ces circuits consécutifs. Plaçons aussi, du côté de l'extrémité sud, sur le plan du dernier circuit, une égale quantité $\frac{si}{\varepsilon}$ de magnétisme sud, uniformément répartie sur sa surface. Supposons de même que les extrémités du deuxième solénoïde portent de semblables quantités de magnétisme distribuées suivant la même règle. Le résultat du travail d'Ampère est qu'on peut substituer au système de forces électrodynamiques qu'exerce l'un des solénoïdes sur l'autre, des forces que produiraient les actions des couches de magnétisme dont nous venons de parler, calculées d'après les relations (1) et (2), ces deux systèmes de forces étant équivalents, pourvu qu'un des solénoïdes ne soit pas com-

pris en totalité ou en partie entre les faces terminales de l'autre. »

De là, on passe aux feuillets magnétiques et à l'étude du champ magnétique, après avoir exposé le système d'unités électromagnétiques. C'est l'objet du Chapitre premier. Voici le contenu des autres.

Chapitre II. Aimants. — Il contient la théorie, très condensée, des moteurs électromagnétiques.

Chapitre III. Phénomènes d'induction.

Chapitre IV. Électromoteurs. Transport électrique du travail. Courants alternatifs. Courants polyphasés. Transformateurs.

Chapitre V. Oscillations électriques.

Chapitre VI. Mesures électromagnétiques.

Ce dernier est, comme de juste, le plus étendu de tous.

Enfin le volume se termine par quatre notes très courtes :

A. — Théorie du déplacement électrique de Maxwell. Propagation d'une onde électromagnétique plane. — Principe de la théorie électromagnétique de la lumière.

B. — Propagation d'un courant à oscillations rapides dans un conducteur.

C. — Distribution de la densité d'un courant dans un conducteur cylindrique à section circulaire parcouru par un courant alternatif.

D. — Champ magnétique à l'intérieur d'une bobine cylindrique.

Il est inutile, sans doute, d'entrer dans de plus grands détails pour faire apprécier l'intérêt que présente l'ouvrage de M. Pellat. Si les lecteurs de la Revue se souviennent de l'analyse faite du tome précédent dans la livraison du 20 janvier 1902, il suffira de dire que les qualités supérieures louées dans ce premier volume se retrouvent dans celui-ci.

V. S.

VI

Distribution de l'énergie par Courants polyphasés, par J. Rodet, Ingénieur des Arts et Manufactures, 2e édition. Un volume in-8° de IX-561 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1903.

La première apparition des courants polyphasés dans l'industrie ne remonte qu'à une douzaine d'années, à l'Exposition

d'Électricité de Francfort. C'est aujourd'hui, grâce à l'élasticité merveilleuse que présentent ces courants pour le transport de l'énergie à grande ou à petite distance, une des principales branches de l'art de l'ingénieur électricien. Déjà en 1898, M. Rodet en avait donné un exposé magistral dans la première édition du présent ouvrage. Le développement inouï des applications des courants polyphasés — et particulièrement du courant triphasé — n'a pas tardé à exiger une mise au point nouvelle. Elle est offerte au public dans une refonte générale qui a grossi le volume de près des trois quarts, sans rien lui enlever — au contraire — de sa précision, de sa clarté, et de son caractère tout à la fois scientifique et pratique.

L'auteur lui-même a pris soin de nous renseigner très complètement dans sa préface sur les principaux changements introduits dans son livre. En voici un rapide tableau, en suivant l'ordre des chapitres.

Un premier Chapitre renferme un bref historique de la question, ainsi qu'un exposé sommaire des principes fondamentaux des courants polyphasés, destiné au lecteur non encore initié à cette branche de l'industrie électrique.

Les trois Chapitres suivants traitent successivement de la production, de la canalisation et de la transformation des courants polyphasés.

Le cinquième Chapitre est consacré à la conversion des courants polyphasés en courant continu et réciproquement. Le développement considérable des applications du convertisseur, ainsi que la théorie particulière et les conditions spéciales de fonctionnement de cette machine ont paru nécessiter une étude distincte de celle de la transformation des courants polyphasés en courants polyphasés de même ordre ou d'ordre différent, de même fréquence ou de fréquence différente.

Le sixième Chapitre traite des moteurs à courant polyphasé; le septième Chapitre a trait aux compteurs d'énergie pour courants polyphasés.

Le huitième Chapitre est consacré à l'application des courants polyphasés à la traction, application qui a acquis une grande importance.

Enfin, un dernier Chapitre est réservé à la description d'un certain nombre d'installations.

L'ingénieur-constructeur trouvera dans l'ouvrage les principaux éléments nécessaires à l'établissement des génératrices, des convertisseurs et des moteurs à courant polyphasé. On a

indiqué dans le Chapitre II, en particulier, la force électromotrice à vide, engendrée par différents types de machines, et on a complété ces indications par l'étude de la réaction d'induit qui joue un rôle si considérable dans le cas de distribution d'énergie à des moteurs. Ce Chapitre contient également quelques considérations sur les génératrices à double courant, c'est-à-dire destinées à fournir simultanément un courant polyphasé et un courant continu.

L'étude des transformateurs a été complétée par celle d'un appareil nouveau : le changeur de fréquence.

Le calcul des convertisseurs de courant polyphasé en courant continu, leur construction et leurs conditions de fonctionnement ont reçu un développement imposé par l'importance de ces appareils.

Dans le sixième Chapitre, on a étudié en particulier la question si importante du démarrage des moteurs d'induction.

L'électricien chargé d'installations, sans s'appesantir sur le calcul des génératrices, des transformateurs, des convertisseurs et des moteurs, s'assimilera aisément les notions qui lui sont utiles sur ces différents appareils.

Le Chapitre III lui fournira les indications nécessaires pour le calcul et l'établissement des canalisations. Une place assez importante a été réservée dans ce chapitre à l'étude de la chute de tension dans les canalisations et de la réaction due à l'inductance des lignes.

Le huitième Chapitre facilitera l'élaboration de projets de réseaux de chemins de fer ou de tramways de grande longueur ou répartis sur une grande étendue et pour lesquels, par conséquent, l'emploi des courants polyphasés, soit directement, soit après conversion en courant continu, est à peu près obligatoire.

Enfin le dernier Chapitre fournira une série d'exemples de distributions dans lesquels on s'est appliqué à signaler les particularités les plus intéressantes, et qui montrent la variété des applications actuelles des courants polyphasés.

Afin de ne pas sortir du cadre restreint tracé à un ouvrage spécial, et pour ne pas noyer le sujet dans des considérations générales, on a supposé le lecteur initié aux principes fondamentaux des courants alternatifs. On s'est du reste efforcé de faciliter l'application des théories exposées au moyen d'exemples et de tableaux.

R. S.

VII

Instructions météorologiques, par Alfred Angot, météorologiste titulaire au Bureau central Météorologique. 4e édition. Un volume in-8° de 163 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1903.

Cette nouvelle édition de l'excellent *Vade-mecum* du météorologiste observateur publié par M. Angot a pu être notablement développée dans certaines parties, grâce à la publication d'un *Abrégé des Instructions météorologiques* à l'usage de ceux qui ne disposent que des instruments les plus simples.

Elle contient plusieurs chapitres nouveaux : sur l'actinométrie et l'évaporation, observations difficiles que l'auteur ne conseille pas au personnel des stations ordinaires ; sur les observations en mer et sur celles qui doivent être effectuées dans les voyages d'exploration, très utiles celles-là et qu'il importe beaucoup d'exécuter dans des conditions qui inspirent confiance ; enfin, sur la réduction des hauteurs barométriques à la gravité normale, conformément à une décision récente du Comité permanent international.

La partie relative à la réduction de la pression au niveau de la mer et au calcul des hauteurs au moyen des observations barométriques a été améliorée par l'introduction d'une formule plus rationnelle, dont le calcul est facilité par des tables nouvelles.

Enfin, pour l'observation des nuages, M. Angot ne se contente pas, comme précédemment, de donner la classification internationale, illustrée par de magnifiques photographies — combien supérieures aux dessins conventionnels d'autrefois ! — il indique aussi la manière de procéder pour l'obtention de ces épreuves, ainsi que pour celles des éclairs. Il est fort à souhaiter que ces conseils contribuent à multiplier des documents si hautement intéressants pour la physique de l'atmosphère.

V. S.

VIII

Les Industries Photographiques, par C. Fabre (*Encyclopédie industrielle*, fondée par M.-C. Lechalas). Un volume grand in-8° de 602 pages, avec figures dans le texte. — Paris, Gauthier-Villars.

Voici les titres des diverses parties qui composent cet ouvrage d'allure encyclopédique : *Matériel ; Procédés négatifs ; Procédés positifs ; Tirages industriels ; Projections ; Agrandissements. — Annexes : 1. Objectifs, 2. Procédés négatifs, 3. Contre-types.*

Comme ces titres le font prévoir, on trouvera dans ce volume de multiples données et d'amples renseignements sur tout ce qui concerne la photographie et ses applications industrielles. Les parties qui traitent des procédés positifs et des tirages industriels forment, à elles seules, un traité complet sur la matière. Nous pouvons en dire à peu près autant de certains chapitres des autres parties : tels, par exemple, ceux où l'auteur étudie les objectifs, les obturateurs, la fabrication des plaques au gélatino-bromure et au collodion.

Parmi les appareils ou accessoires que M. Fabre décrit, quelques-uns sont un peu vieux et remplacés par des modèles plus perfectionnés ; d'autre part des appareils, tels que la jumelle stéréoscopique, l'appareil pliant du genre Goer-Anschütz, si répandu aujourd'hui, ou des accessoires comme le châssis-magasin à tiroir, etc. qui ne sont pas mentionnés, méritaient une description, au même titre que certains autres décrits par l'auteur.

Cette remarque s'applique à plusieurs chapitres : M. Fabre cherche surtout — et avec succès — à renseigner ses lecteurs sur la théorie et ses aboutissants industriels ; il ne néglige pas la pratique courante, mais elle le préoccupe moins : ce n'était pas son but. Il est impossible d'ailleurs, dans les ouvrages de ce genre, de contenter tout le monde. En voulant être complets, leurs auteurs sont amenés à entrer dans les détails. Or, quelque habileté qu'ils mettent à les choisir, ils en donneront toujours trop et trop peu : trop pour les lecteurs non initiés que cette abondance embarrasse, trop peu pour les gens du métier qui en sont insatiables.

A. X.

IX

La Vie et la Mort, par A. Dastre, professeur de Physiologie à la Sorbonne. — Paris, Flammarion *(Bibliothèque de Philosophie scientifique).*

Nous sommes loin de partager toutes les opinions de M. Dastre ; cependant nous n'hésitons pas à recommander la lecture de cet ouvrage à tous ceux qui s'intéressent à l'étude des êtres vivants. Expérimentateur lui-même et expérimentateur des plus distingués, l'auteur est un maître à qui on peut se fier, et en se pénétrant de son ouvrage on sera au courant des théories les plus nouvelles sur les phénomènes généraux de la vie.

Par la notion d'énergie, la mécanique a envahi le domaine de la physiologie. Mathématicien aussi compétent que biologiste, M. Dastre est familier avec l'énergie et je doute fort qu'on trouve un résumé plus exact et plus complet de l'énergétique vitale que dans les deux chapitres intitulés : *L'énergie en général* et *L'énergie en biologie.*

Venons à l'analyse de l'ouvrage.

L'auteur débute par l'examen des différentes théories professées autrefois par philosophes et naturalistes sur la question de la vie : théorie de l'*animisme* qui introduit dans l'être vivant un principe substantiel différent de la matière, théorie du *vitalisme* qui attribue à l'organisme des forces vitales irréductibles aux forces physico-chimiques, théorie de l'*unicisme* pour qui les phénomènes vitaux s'expliquent par le jeu ordinaire des forces de la nature brute.

L'auteur se déclare uniciste en physiologie. Mais il s'agit de l'entendre sur la portée du mot *physiologie.* La physiologie commence au moment où l'être vivant est " un organisme „ déjà " tout construit et tout constitué „ (p. 42), et s'arrête là où commence " l'ordre psychique „ (p. 36). " Les fonctions de l'espèce, la génération, le développement et l'évolution... sont „ en effet " les plus réfractaires, les plus inaccessibles aux explications physico-chimiques „ (p. 43); d'autre part, d'après Gautier, " sentir, comparer, vouloir, ne sont pas des actes de la phénoménalité matérielle... Ce sont des réalités, sans masse ni existence physique „ qui " échappent aux lois de l'énergétique „ (p. 36).

L'auteur réserve donc la question de la formation des êtres vivants, il réserve le domaine de la pensée et tout ce qui s'y rattache. Mais tous les autres phénomènes vitaux sont justiciables des lois de la nature brute. Ils relèvent tous de la science qui s'occupe de l'énergie, de l'*énergétique*.

" Les phénomènes de la nature „, vivante ou non vivante, " ne mettent en jeu que deux éléments, la matière et l'énergie „ (p. 56). La matière est la masse ; elle est soumise à cette loi : Rien ne se perd, rien ne se crée ; tout se transforme (loi de la conservation de la matière) (p. 62).

L'énergie est ordinairement définie au moyen du mouvement. C'est un tort. L'énergie est indépendante de la notion du mouvement (p. 64). Elle dérive " de la liaison des phénomènes „ entre eux. Tout phénomène dépend d'un phénomène antécédent et lui emprunte quelque chose. Ce quelque chose qui passe d'un phénomène à un autre est l'énergie (p. 65).

" La plus simple et la plus anciennement connue „ des énergies est " l'énergie mécanique „ (p. 66). Les autres formes principales d'énergie qui se manifestent dans les êtres vivants sont l'énergie chimique et l'énergie thermique.

Pas plus que la matière, l'énergie ne se crée ni ne se perd, c'est le principe de la conservation de l'énergie.

Mais tout en se conservant, l'énergie peut devenir inutilisable, c'est-à-dire peut être incapable de se transformer. C'est le cas pour l'énergie thermique, incapable de se transporter d'un corps à température plus basse sur un corps à température élevée. Aussi est-elle appelée une *forme dégradée* d'énergie.

De ce que l'énergie thermique n'est pas *réversible* — c'est-à-dire ne peut passer d'un corps moins chaud à un corps plus chaud, comme elle passe d'un corps plus chaud à un corps moins chaud — il suit que la température des corps froids tend à s'élever, et celle des corps chauds à s'abaisser. Il arrivera donc un moment où la température sera uniforme dans l'Univers. La chaleur sera alors tout à fait inutilisable et l'Univers s'endormira dans l'engourdissement total.

Mais nous n'en sommes pas là. L'activité est encore possible, et chez les êtres vivants l'énergie s'accumule, grâce aux aliments, sous la forme d'énergie chimique potentielle. Cette énergie est ensuite transformée en énergie actuelle dans chacun des éléments anatomiques du corps par l'intervention de l'oxygène. " Elle fait ensuite retour au monde extérieur sous la forme principale d'énergie calorifique et sous la forme accessoire

d'énergie mécanique „ (p. 121). On voit que la chaleur n'est pas une source d'énergie vitale ; au contraire, elle est plutôt rejetée à l'extérieur comme une espèce d'excrétion. Le seul office utile qu'elle remplit, c'est de servir d'amorce ou de condition à certains phénomènes vitaux qui ne s'accomplissent qu'à une température assez élevée (p. 119).

Ici l'auteur interrompt ses considérations sur l'énergie vitale pour aborder l'examen des êtres vivants à de nouveaux points de vue.

Existe-t-il quelque chose de commun entre les êtres vivants, plantes et animaux ? (p. 141).

Il y a unité dans la formation des principes chimiques immédiats. Plantes et animaux élaborent tous deux la graisse et le sucre (p. 146) qui entrent dans leur constitution. Leurs éléments et le mécanisme de leur digestion sont identiques (p. 153).

La même ressemblance se manifeste pour la forme de leur élément primordial. Tous sont composés de cellules et ces cellules sont constituées des mêmes parties.

C'est un des triomphes du microscope. Malheureusement c'est un triomphe assez stérile. “ L'anatomie n'a jamais expliqué et n'expliquera jamais rien. Heureux les physiciens ! s'écriait J. Loeb, de n'avoir jamais connu la méthode de recherche des coupes et des colorations. Que fût-il advenu si, par fortune, une machine à vapeur fût tombée dans les mains d'un physicien histologiste ? Que de milliers de coupes, en surface et en épaisseur, diversement colorées et décolorées, que de dessins, que de figures, sans arriver sans doute à apprendre que la machine est une machine à feu et qu'elle sert à transformer la chaleur en mouvement (p. 162). „

Après cette boutade sur la connaissance de la constitution réelle de la cellule, l'auteur se rejette “ sur la constitution possible de la matière vivante „ telle que la révèle “ l'étude des propriétés physiques, prolongée par des hypothèses rationnelles „ (p. 162). Ainsi la turgescence des tissus organisés a amené Nageli à les considérer comme formés de petites particules *(micelles)* capables d'attirer de l'eau qui s'interpose entre elles sans les pénétrer.

Outre les analogies que nous avons déjà signalées entre tous les êtres vivants, ceux-ci se ressemblent également par la composition chimique du protoplasme. Il est formé de *protéides* ou *nucléoalbuminoïdes* (p. 172).

Ces protéides se ramènent aux substances chimiques ordi-

naires. Car la digestion les décompose en deux parties, la nucléine, qui résiste aux sucs digestifs, et une albumine, l'histone, qui est attaquée par ces sucs.

En poursuivant ensuite la décomposition de la nucléine et de l'histone, on arrive à des substances organiques cristallisables rentrant tout à fait dans le domaine de la chimie.

Les êtres vivants sont dépendants, pour leur activité, des conditions extrinsèques du milieu extérieur et des conditions intrinsèques résultant de la constitution de leurs organes et de leurs appareils. C'est pour avoir négligé l'influence des conditions intrinsèques qu'on a voulu, sous le nom d'*irritabilité*, leur attribuer une spontanéité qu'ils n'ont pas ; en réalité, ils sont soumis aux lois de l'inertie comme les corps bruts.

La propriété d'avoir une *forme spécifique* ne les distingue pas non plus des autres corps de la nature, car elle appartient aussi aux cristaux. Mais Le Dantec a eu tort de pousser trop loin cette analogie. Chez les cristaux la forme est en rapport avec une véritable substance chimique identique dans toutes les parties du cristal. Le Dantec veut aussi que la forme *levrier*, par exemple, corresponde à une substance *levrier* pénétrant dans toutes les parties de l'animal et leur donnant à chacune un caractère chimique propre.

Chez l'être vivant, la forme spécifique s'acquiert et se régénère, grâce à la *nutrition*. “ La nutrition est l'attribut essentiel de la vie : elle est la vie même (p. 203). „

La nutrition répare les pertes de l'organisme. Mais il y a lieu de distinguer dans l'organisme la matière vivante proprement dite et les réserves. “ La majorité des physiologistes incline à croire à la destruction de la substance vivante par suite de son fonctionnement même (p. 207) ... C'est là une erreur. La substance réellement vivante se détruit peu (p. 223). „ Ce sont les réserves qui se consomment pour fournir l'énergie nécessaire au corps.

Le Dantec a une opinion plus radicale encore. L'activité vitale déterminerait non la destruction, mais l'augmentation de la substance vivante. Cependant l'exemple qu'il prend dans la levure de bière se retourne contre lui (p. 215).

Nous avons supposé jusqu'à présent qu'il existait des êtres bruts dénués de vie. Mais cette distinction existe-t-elle ? Les corps bruts ne jouissent-ils pas d'une vie commençante et ne peuvent-ils par degrés passer à la vie complète ?

La question serait résolue d'un seul coup s'il existait des

faits de génération spontanée. Mais, depuis Pasteur, il est établi que " l'être vivant ne se forme que par filiation „ (p. 242).

Häckel, il est vrai, admet la génération spontanée au moment du refroidissement de notre globe. " Mais tous les biologistes ne partagent point cette manière de voir. Quelques-uns, et non des moindres, tiennent pour établie l'impossibilité pour la vie de naître du concours des matériaux et des forces inorganiques (p. 243). „ D'après les uns, la vie aurait été apportée sur la terre par des germes répandus dans les espaces célestes (cosmozoaires, panspermie cosmique) ; d'après d'autres (Preyer), il existait au sein des matières incandescentes des êtres étranges (pyrozoaires) dont la vie défiait les plus fortes élévations de température. Mais ce sont là des opinions très hasardées.

Aussi pour rattacher les corps bruts aux êtres vivants, vaut-il mieux examiner si les propriétés vitales ne se retrouvent pas à un certain degré en dehors des plantes et des animaux.

L'activité n'est pas propre aux êtres vivants. Les molécules des corps solides, or, plomb, alliage, fer ou nickel, sont sans cesse en mouvement recherchant une position d'équilibre qui leur échappe sans cesse. Ce mouvement perpétuel de la matière brute peut même s'observer au microscope *(mouvements browniens)*.

Les cristaux se nourrissent, se réparent. Parfois, comme dans les solutions sursaturées, leur formation suppose l'existence d'un autre cristal. Pour la glycérine en particulier, la cristallisation jusqu'à cette heure n'a pu être opérée que par filiation aux dépens de cristaux trouvés accidentellement dans un tonneau envoyé de Vienne à Londres pendant l'hiver de 1887 (p. 293).

" On a poussé plus loin encore, et presque jusqu'à l'abus, la poursuite des analogies entre les formes cristallines et les formes vivantes (p. 278). „ Mais, si j'entends bien l'auteur, on peut appliquer même aux analogies les plus spécieuses cette remarque générale, faite à la page 257, " qu'elles ne peuvent naturellement prétendre, en quoi que ce soit, à servir d'explications „.

Comme il y a une vie *élémentaire* pour chaque cellule et une vie *collective* pour l'ensemble, il y a aussi une mort collective de l'être complexe qui n'atteint pas d'un coup tous les éléments anatomiques de l'organisme. Les cellules vivent encore quand l'être complexe se désagrège déjà.

La mort naturelle est préparée par la *sénescence*. D'après Metchnikoff, la sénescence des éléments nobles, des cellules

nerveuses par exemple, est due à l'action des phagocytes. Marinesco n'admet pas l'intervention de ces agents destructeurs (p. 319) quand il s'agit des centres nerveux.

Existe-t-il des êtres immortels ? Dans toute espèce de reproduction, soit par voie agame, soit par voie sexuelle, une portion de substance vivante se transmet de génération en génération sans périr. Pour les infusoires, Maupas prétendait que cette substance était nécessairement atteinte de sénescence après un certain nombre de générations, si au procédé de division ne succédait le procédé de conjugaison destiné à rajeunir la substance par l'adjonction d'éléments nouveaux. Miss Calkins et Loisel ont démontré qu'un changement d'alimentation pouvait produire le même effet.

Au début de ce compte rendu, nous avons recommandé l'ouvrage de M. Dastre ; cet éloge, nous le renouvelons ici, car ce volume est plein de science et, après l'avoir parcouru, le lecteur pourra se dire qu'il n'ignore aucune des grandes théories qui ont cours actuellement dans le domaine de la biologie.

Toutefois, à mon avis, l'auteur encourt deux grands reproches.

Le premier est qu'il s'identifie tellement avec les auteurs des théories, il entre tellement comme on dit " dans la peau du bonhomme „ qu'on s'imaginerait aisément qu'il défend ses propres opinions. Et souvent ce n'est guère que par un petit membre de phrase égaré au milieu d'un long discours qu'on se met à douter si l'auteur admet ou non des opinions exposées avec tant d'ardeur. De là des apparences de contradiction et des affirmations qui se heurtent. M. Dastre est un maître, et on se prend à regretter qu'il ne se prononce pas lui-même et ne nous fasse pas connaître son avis personnel.

Un second reproche, plus grave encore, regarde le titre de son livre. Il est bien suggestif : *La Vie et la Mort*. Mais combien il est décevant, combien imparfaitement il est justifié !

Les problèmes les plus importants ne sont pas abordés, et l'auteur est en plein aveu. Il prend la vie au moment où l'être vivant est déjà tout constitué ; il fait profession en outre de ne pas s'occuper des actes supérieurs, tels que la sensation et la pensée.

Certes un auteur a droit de circonscrire son sujet comme il lui plaît, mais ce qu'il n'a pas le droit de faire c'est de donner un titre général à un développement restreint, c'est d'omettre les

questions les plus essentielles renfermées dans le titre qu'il a choisi.

Il suppose, dit-il, la machine vivante toute faite et cherche seulement à savoir comment elle fonctionne. Mais chez les êtres vivants, ce qu'il y a de merveilleux ce n'est pas tant que la machine fonctionne quand elle est faite, mais c'est qu'il y ait des machines si admirablement organisées qui se façonnent elles-mêmes sans l'intervention apparente d'aucune intelligence. Si on suppose un cœur et des vaisseaux tout constitués, des valvules parfaitement situées, il n'y a pas grand mérite à expliquer par les lois physiques des pressions des liquides la marche du sang à travers le corps et sa circulation constante.

Il y aurait encore, il est vrai, à expliquer les contractions du cœur et des artères, mais, vînt-on même à les ramener à des mouvements dépendant de conditions purement physiques, le problème de la vie resterait encore entier. Au contraire, si on parvenait à montrer comment une machine si parfaite peut se créer elle-même par le seul jeu des forces inintelligentes de la nature, je crois qu'il n'y aurait plus ni animistes ni vitalistes, tous seraient unicistes, au moins pour les phénomènes matériels de la vie, et ce n'est pas parce que quelques points secondaires ne seraient pas éclaircis qu'on recourrait à des formes nouvelles et à des mécanismes spécifiques. Dans la nature physique elle-même, combien de questions non résolues sans qu'on songe à faire intervenir de nouveaux agents et de nouveaux modes de production !

Nous avons quelques réserves à faire sur certaines affirmations émises ou au moins reproduites par l'auteur.

M. Dastre avec beaucoup d'autres annonce la fin de l'activité de l'Univers qui doit nécessairement arriver à un état d'équilibre de température incompatible avec toute transformation d'énergie. Pour qui n'admet pas une création, cette affirmation me semble contradictoire. Car ou bien la quantité d'énergie renfermée dans l'Univers sous forme thermique utilisable est infinie, et alors on ne voit pas pourquoi elle sera jamais dépensée ; ou bien elle est finie, et alors elle doit être dépensée depuis longtemps si l'Univers a eu une durée infinie d'existence dans le passé.

L'auteur semble fort porté à n'admettre une destruction rapide que pour les réserves ; la substance vivante se modifierait lentement. Cela peut être vrai pour le système nerveux ou musculaire ; mais dans la vie végétative proprement dite, celle-là dont

l'auteur parle plus spécialement puisqu'il élimine les actes supérieurs, la proposition me semble fausse. Les cellules épithéliales, glandulaires, semblent n'avoir qu'une existence éphémère et se reproduire très activement. La peau avec ses cellules tombant en desquamation est un exemple bien palpable de cette rénovation continuelle du protoplasme lui-même.

A la page 69, l'auteur fait à Carnot un reproche que l'inventeur du *cycle* ne semble pas mériter. Carnot disait : " C'est de cette manière que l'on entend le mot *force*, lorsqu'on dit que le cheval équivaut pour la force à sept hommes : on ne veut pas dire que, si sept hommes tiraient d'un côté et le cheval de l'autre, il y aurait équilibre, mais que, dans un travail suivi, le cheval à lui seul élèvera autant d'eau du fond d'un puits à une hauteur donnée, que les sept hommes ensemble dans le même temps „. Aussitôt M. Dastre ajoute cette note : " Ces mots gâtent tout, car le temps n'a rien à voir ici „. Le temps a certainement à y voir quelque chose, car, dans l'exemple de Carnot, la force est entendue dans le sens mécanique de *puissance*, et non dans celui de simple *travail*.

On me fait remarquer que la phrase : " Une même quantité d'énergie thermique, de chaleur, peut être emmagasinée dans un même corps à diverses températures „ (p. 89) est de nature à induire en erreur. Dans *un même* corps, dans de l'eau par exemple, oui, mais pas dans la *même quantité* d'eau.

Nous arrêterons ici nos observations. Nous craindrions d'avoir l'air de vouloir déprécier un ouvrage dont nous faisons le plus grand cas.

G. Hahn, S. J.

X

Rivista critica del genere Gossypium, par le Dr Angelo Aliotta. — Portici, 1903.

Le moment est on ne peut mieux choisi pour publier une revue critique des cotonniers. Tous les gouvernements coloniaux s'occupent, en effet, des moyens de développer la culture des divers *Gossypium* qui est devenue de la plus grande importance. Malheureusement l'étude scientifique des espèces du genre est très difficile ; dans ce genre en effet la structure florale se prête

fort bien à l'hybridation, les variétés et les hybrides sont très nombreux et parfois très difficiles à rapprocher de leurs parents.

L'auteur, qui ne prétend pas avoir fait une œuvre parfaite, a écrit son ouvrage dans le but d'exposer les résultats auxquels l'avaient conduit ses études sur des matériaux authentiques et qui constituent une sorte de travail préliminaire à une monographie du genre. Il étudie les espèces suivantes avec leurs hybrides :

Gossypium barbadense L.

— *G. barbadense* × *arboreum*, dans lequel il examine séparément trois formes considérées parfois comme différentes par les auteurs, mais qui d'après lui sont issues des mêmes parents et présentent des caractères peu différents.

— *G. barbadense* × *hirsutum* ; sept formes ou variétés des auteurs sont rapportées à cet hybride.

Gossypium religiosum L.

Ce serait le coton Nangking des Indes, il aurait donné l'hybride:

— *G. religiosum* × *barbadense*, signalé sous plusieurs noms.

Gossypium arboreum L.

— *G. arboreum* × *herbaceum*.

— *G. arboreum* × *barbadense*.

— *G. arboreum* × *hirsutum*.

Ces deux derniers étant équivalents à ceux étudiés dans les paragraphes précédents.

Gossypium herbaceum L., dont une variété est à fibres colorées (var. *lana rufa*).

Gossypium hirsutum L.; c'est le Upland ou coton de Géorgie, le coton à courte soie ou de Siam ; plusieurs variétés de cette espèce ont été indiquées, l'auteur en conserve trois : *seminibus albis*, *lana rufa* et *lanceolatum*, il admet également : *G. hirsutum* × *arboreum* et *G. hirsutum* × spec. inc. = *G. mexicanum Tod.*

A la suite de ces espèces dont l'auteur résume les caractères dans une assez longue diagnose, on trouve des notices sur quelques plantes mal connues et sur un assez grand nombre d'espèces à supprimer du genre. D'après cette étude il reste donc cinq espèces dans le genre ; à ces cinq espèces se rapportent quatre variétés et sept hybrides.

L'étude de ce genre est, comme on le voit, très fortement simplifiée et ce n'est pas là le moindre des mérites du travail très documenté de M. A. Aliotta.

Espérons que bientôt l'auteur pourra nous fournir une étude

monographique complète et un tableau analytique des espèces de ce genre qui paraissait il y a peu de temps encore si inextricable.

É. D. W.

XI

Traité de Sylviculture. — T. II. Exploitation et aménagement des bois, par P. Mouillefert, professeur de Sylviculture à l'École d'Agriculture de Grignon. Un volume in-12 de 476 pages, avec 10 planches et 97 figures dans le texte. — Paris, Alcan, 1903.

Il a été rendu compte, ici-même (livraison du 20 juillet 1903) du premier volume de ce *Traité de Sylviculture*. Il s'agissait alors d'une série de monographies concernant les principales *essences* forestières, en donnant à ce mot technique sa plus vaste acception, s'étendant jusqu'aux arbrisseaux, arbustes et morts-bois.

Aujourd'hui l'auteur traite de l'exploitation des forêts et de leur aménagement

I. Exposons, pour commencer, le plan et la division du sujet.

D'abord l'*exploitation*.

En sylviculture ce terme a une signification plus étendue qu'ailleurs, la culture forestière des arbres résultant de l'exploitation elle-même, ou plutôt du mode adopté pour cette exploitation. Il en résulte que pour pouvoir diriger celle ci dans un sens cultural, impliquant l'amélioration et surtout la régénération des peuplements, il est nécessaire de connaître ce qu'on pourrait appeler la physiologie de la forêt, autrement dit, les lois de la physiologie végétale appliquées à la croissance des arbres réunis en massifs.

C'est l'objet, au point de vue général, d'un premier chapitre relatif au mode d'accroissement des arbres et des peuplements forestiers.

Mais il y a plusieurs manières d'exploiter culturalement une forêt, suivant la nature des produits que l'on veut en tirer. La *futaie* d'abord, pour obtenir des bois de grandes dimensions. *Les Futaies en général* font l'objet d'un second chapitre. Après

quoi, l'auteur fait l'application aux principales essences forestières des données générales qu'il vient d'exposer.

Les Taillis en général, simples ou composés, occupent un quatrième chapitre ; et l'application aux principales essences de ces modes de traitement remplit le suivant.

Mais que vient faire ici un chapitre sur les truffières et la trufficulture ? On l'expliquerait aisément sous forme d'annexe ou d'appendice à la fin du volume, le sujet étant d'ailleurs d'un grand intérêt pour certains propriétaires. Mais enfin la culture des truffes n'est pas la culture des bois, pas plus que la culture des poires, des cerises ou des olives n'est de la sylviculture, encore que ces fruits croissent sur des arbres forestiers ou d'origine forestière.

Les données concernant l'abatage et la vidange ou traite des bois, complètent la première partie du volume, avec tous les détails qui peuvent intéresser marchands de bois, exploitants et bûcherons.

Après l'exploitation, l'*aménagement*.

L'aménagement d'une forêt est chose autrement compliquée que l'aménagement d'un appartement ou d'une maison. A vrai dire, ces deux opérations n'ont guère de commun que le nom.

Un travail préalable consiste à faire une sorte d'inventaire établissant d'abord un plan exact et détaillé de la forêt à aménager, indiquant la nature du sol, son exposition, l'état des divers peuplements, les prix de la main-d'œuvre dans la localité, etc., etc. Il faut ensuite établir le *parcellaire*, c'est-à-dire la division de la forêt en autant de parcelles que de nuances tranchées du peuplement, puis régler les exploitations futures d'après le mode d'exploitabilité adopté.

Suivant qu'on choisira le régime du taillis simple, du taillis composé, de la futaie pleine ou régulière, ou de la futaie jardinée, le plan d'exploitation sera établi en conséquence. L'auteur examine, à l'occasion de ces différents plans, la question délicate du mode d'exercice du droit d'usufruit dans les forêts.

Un chapitre sur l'institution du *quart en réserve* dans les bois des communes et établissements publics, n'a guère d'intérêt que pour ces personnalités morales et pour l'administration.

Beaucoup plus important est le chapitre VIII et dernier, relatif aux opérations souvent fort difficiles de *conversion* d'un régime en un autre : futaie en taillis, taillis en futaie, taillis composé en taillis simple, taillis simple en taillis composé, etc., etc.

II. L'analyse sommaire qui précède montre combien nombreuses sont les matières traitées dans ce volume. Consacrons quelques pages à les apprécier.

Dès le premier chapitre de la première partie, on est arrêté par des assertions au moins surprenantes, comme celle-ci : " Nous savons que dans un massif trop serré les arbres ont un accroissement *en hauteur* plus faible que s'il l'est convenablement. „ J'avoue que durant une pratique du service forestier de près de quarante ans, j'ai toujours constaté le contraire. Trop serrés les arbres s'allongent en hauteur au grand détriment de la grosseur ; et le mérite d'une éclaircie bien faite est d'établir un espacement tel qu'il favorise le développement des arbres en diamètre sans trop diminuer leur développement en longueur.

Est-il exact, comme l'affirme l'auteur, que le hêtre supporte aussi bien que le sapin pectiné un convert prolongé ? C'est au moins douteux. Que le nombre des arbres dans un vieux massif soit d'autant moindre que le sol est plus fertile, une telle assertion ainsi présentée semble paradoxale : il faudrait expliquer que dans les sols riches les éclaircies peuvent utilement être faites plus fortes afin d'obtenir, aux dépens du nombre, des arbres plus beaux et d'un volume plus considérable.

Les pages consacrées au traitement des futaies pleines entrent dans les plus complets détails et constituent un excellent enseignement de la matière. En ce qui concerne les forêts traitées par la méthode jardinatoire, nous ne saurions adopter sans réserve l'opinion exprimée par l'auteur, à savoir que ce mode d'exploitation " est on ne peut plus funeste à la bonne végétation des massifs „. Qu'il implique certains inconvénients, nul ne le conteste ; il n'en est pas moins vrai qu'il est le seul efficace sur les versants montagneux à haute altitude, exposés aux vents violents. L'auteur, au surplus, finit par le reconnaître ; car après s'être étendu complaisamment, au chapitre II de sa première partie, sur les objections qu'on peut opposer au jardinage, il avoue, au chapitre IV de sa seconde partie. " que nul mode n'est plus favorable à la perpétuité de la forêt et à l'amélioration du sol „.

On a vu plus haut que notre auteur, après avoir exposé les données générales des différents systèmes d'exploitation, en fait une application spéciale à chaque essence. A l'occasion des futaies de hêtre, un important paragraphe est consacré à la récolte et à l'utilisation de la faîne ; mais pourquoi aussi bien n'avoir pas, dans les futaies de chênes, parlé du panage et de la

glandée ? L'étude du traitement en futaie des forêts de chêne-liège nous entraîne dans des renseignements statistiques sur la production du liège dans tous les pays où croît l'arbre qui le fournit : France, Corse, Espagne, Portugal, Algérie, Tunisie, Italie, Grèce. Était-ce bien là la place de ces données? Suivent de nombreuses pages sur la récolte et l'industrie du liège, le rendement des forêts de chêne-liège, la composition chimique de ce produit, etc., etc. Mais pourquoi, quand il s'agit plus loin de futaies de pin maritime, n'est-il pas donné au gemmage ou résinage de ces arbres, les mêmes développements que, dans les forêts de *quercus suber*, au démasclage ou récolte du liège ? C'est pourtant une industrie importante dans tout le sud-ouest de la France, que celle qui résulte du suintement résineux des pins maritimes.

Les règles à observer pour le traitement en futaie du bouleau, des peupliers, du robinier même, sont plus théoriques que pratiques : les peupliers et le bouleau se prêtent peu au traitement en massifs de futaie ; et le robinier ou faux acacia, vu sa rapidité de croissance, est plus avantageusement exploité en taillis à courte révolution que de toute autre manière.

A plus forte raison devrons-nous considérer comme purement spéculatifs, les renseignements donnés sur le traitement en futaie de l'*abies pinsapo* et des sapins de Céphalonie et de Cilicie. Ce sont des arbres exotiques plus ou moins répandus dans les parcs, les jardins paysagers et les *arboretum*, mais dont le traitement méthodique d'exploitation n'a pas été expérimenté.

Passons sur l'exploitation des taillis, la *trufficulture*, et l'art du bûcheron, et arrêtons-nous un instant sur la deuxième partie de l'ouvrage, concernant l'aménagement des forêts.

En cette importante question, nous sommes en présence de deux écoles : l'une pour laquelle l'aménagement consiste à *régler l'exploitation d'une forêt dans le plus grand intérêt du propriétaire et de la consommation* (1) ; l'autre qui y voit par dessus tout un *règlement d'exploitation conduit de telle sorte que la forêt fournisse annuellement un rapport soutenu et aussi avantageux que possible* (2).

M. Mouillefert appartient délibérément à cette seconde école. Nous nous rangerions sans hésitation dans la première. S'il est louable de rechercher, dans la mesure du possible, un revenu

(1) Lorentz et Parade, *Culture des bois.*
(2) Tassy, *Étude sur l'Aménagement.*

qui ne soit point par trop inégal, il est dangereux d'attacher à ce *rapport soutenu* une importance prépondérante ou exclusive. La nature vivante ne se prête pas à une marche rigide et mathématique. Quels sont les produits du sol qui fournissent un revenu annuel toujours sensiblement égal ? Ce n'est pas le vignoble, ce ne sont pas les céréales, ni même les cultures sarclée, potagère ou fruitière. Une foule de circonstances culturales, météorologiques, économiques même, peuvent, d'une année à l'autre, changer dans une mesure plus ou moins grande, le revenu prévu ou attendu. Pourquoi les forêts feraient-elles exception à cette règle générale ? A vouloir asservir la nature à des théories préconçues, on s'expose à de cruels mécomptes. Ayons égard au *rapport soutenu* dans la mesure du possible ; n'en ayons pas la superstition.

Au résumé, le tome II du *Traité de Sylviculture* contient, parmi quelques assertions ou théories discutables, de précieux enseignements et dénote chez son auteur une érudition et une lecture considérables en la matière.

C. DE K.

XII

LA VIE DE JEUNE HOMME, deuxième édition revue et augmentée par le Dr SURBLED. Un vol. in-12 de VI-188 pages. — Paris, Maloine, 1903.

La science médicale, la science de l'hygiène, et surtout la morale la plus pure et la plus élevée, la vraie morale chrétienne en un mot, se prêtent un mutuel concours dans ce livre. Les conseils qui y sont donnés à la jeunesse masculine, tempèrent leur austérité inévitable, d'un côté par la démonstration rigoureusement scientifique de leur nécessité tant au point de vue personnel qu'au point de vue familial et social, d'un autre côté par l'exposé de la noblesse du sacrifice, du rehaussement moral qui résulte de l'empire sur soi-même, et de la victoire sur les sollicitations de la bête que chacun de nous porte en soi.

L'auteur, psychologue autant que moraliste et toujours armé de l'expérience d'une carrière médicale déjà longue, réfute sans peine les préjugés intéressés de ceux qui prétendent que la con-

tinence est impossible aux jeunes hommes, qu'elle est même nuisible, et autres sophismes dans le détail desquels il nous répugnerait d'entrer.

Il expose, avec preuves à l'appui, que l'âge de la puberté n'est pas l'âge de la nubilité, qu'il n'en est que la préparation, et que le célibat, le vrai célibat, le célibat chrétien, c'est-à-dire chaste, est une condition impérieuse du bonheur intérieur et de la fécondité dans le mariage qui doit suivre.

Mais comment rester chaste ? Il y faut deux concours : le concours de la volonté d'abord ; et aussi un autre concours, une aide, un secours qui n'est jamais refusé à qui le demande avec sincérité, la grâce d'En-Haut, autrement dit. Dieu est toujours prêt à secourir notre faiblesse, mais *il attend nos efforts*, comme le remarque judicieusement le Dr Surbled. C'est l'une des si nombreuses applications du vieil adage : *Aide-toi, le Ciel t'aidera.*

L'être humain étant un composé de corps et d'âme, de chair et d'esprit, deux natures opposées, il n'est pas étonnant qu'il y ait lutte entre ces deux principes. Chez la bête, où l'esprit n'est pas, le sens suit son attrait par instinct, mais à des époques réglées en dehors desquelles le sens satisfait ne réclame plus rien. Chez l'homme, qu'éclaire le flambeau de la raison, c'est à cette raison dirigeant la volonté qu'est réservé le rôle de limiter l'exercice des facultés organiques. C'est là sa gloire, mais aussi son péril, et c'est pourquoi le concours de la grâce divine est nécessaire à la pratique et à la conservation de cette haute vertu qui s'appelle la chasteté.

Ce livre s'adresse aux jeunes hommes arrivés à l'âge de la puberté ; il convient aussi aux pères et aux mères de famille qui y puiseront de très sages indications pour la direction de leurs fils. Mais il est évident qu'il ne s'adresse pas aux très jeunes garçons qu'une éducation vigilante a préservés de toute souillure. Les excellents conseils et indications qui y sont contenus impliquent la connaissance de choses qu'ils ne doivent connaître que plus tard et sous une direction paternelle et prudente.

L'ouvrage se termine par une liste des livres recommandés pour une bibliothèque de jeune homme. Après l'Évangile et l'Imitation, l'on y voit figurer saint Augustin, saint François de Sales, Gratry, Lacordaire, Ozanam, l'abbé Perreyve, le P. Olivaint, Mgr de Ségur, Mgr d'Hulst, etc. C'est assurément là un choix excellent. Mais certaines œuvres de Corneille, de Racine, de Bossuet, de Fénelon, n'y trouveraient-elles pas utilement place aussi ?

C. DE K.

XIII

La vie de jeune fille, par le Dr Surbled. *Ouvrage réservé aux mères de famille.* Un vol. in-16 de 256 pages. — Paris, Maloine, 1903.

Bien que cet ouvrage soit par sa nature très analogue au précédent, l'on comprend sans peine combien le sujet y était plus délicat encore à traiter. Aussi l'auteur ne l'adresse-t-il pas, au moins directement, aux intéressées, mais bien à leurs mères. C'est à celles-ci qu'il laisse le soin d'apprécier, suivant le caractère de la tournure d'esprit de leurs enfants, *si* et *dans quelle mesure* il y a lieu de mettre le livre sous leurs yeux. Elles y puiseront d'ailleurs, en tout cas, de précieuses indications sur la manière de diriger leurs filles parvenues à l'âge de la puberté, elles y trouveront d'excellents conseils sur ce qui convient à cette délicate jeunesse, tant au point de vue d'une judicieuse hygiène et d'une santé à conserver et à fortifier durant cette époque critique de transition, qu'au point de vue de la vie sérieuse, des dispositions d'ordre moral et intellectuel, de l'imagination à régler et à maintenir dans de justes limites.

La question si grave de la préparation au mariage, du choix d'un époux, est traitée avec la haute convenance que réclame un pareil sujet. Et la situation de ces femmes admirables qui, restées dans le monde, ne se marient point par esprit d'abnégation et pour se dévouer à des membres de la famille ayant besoin de leur secours, cette situation est présentée sous son vrai jour ; on y rend l'honneur et la considération qu'elles méritent à celles que le monde, dans son irréflexion, désigne dédaigneusement par l'appellation de *vieilles filles.*

Le petit volume se termine par un délicieux chapitre intitulé : *Ce qui garde les vierges.*

Le sentiment si noble et si délicat de la pudeur, parure de la femme et charme de la jeune fille, contribue sans doute, avec le sentiment plus général de l'honneur, à “ garder les vierges „ : mais il n'y saurait le plus souvent suffire. Il y faut de plus la crainte et l'amour de Dieu, la pratique constante des vertus chrétiennes. “ Voilà, conclut l'auteur, voilà le solide rempart de la chasteté, voilà la source de la force, de la vertu et de l'honneur. „

C. de K.

XIV

Droit Naturel. Devoir religieux, droit individuel, droit social, droit domestique, droit civil et politique, droit international, par A. Castelein, S. J. Un volume in-8°, de 965 pages. Namur, V. Delvaux ; Paris, P. Lethielleux ; Fribourg en Brisgau, Herder, 1903.

La plume toujours féconde du P. Castelein vient d'ajouter à la liste déjà fournie de ses productions un nouveau volume, certes pas le moins important, ni pour l'étendue des matières, ni pour la portée des questions. Sous le titre de *Droit Naturel*, l'ouvrage nous développe les grandes applications des *Principes de Philosophie morale*, dont il constitue le prolongement logique. Pour une bonne partie, il rappelle les leçons du *Cursus Philosophiæ Moralis et Socialis* (moins l'*Ethica generalis*), publié en 1899 ; mais ce serait méconnaître la fécondité de l'infatigable travailleur que de voir dans l'œuvre nouvelle une simple reproduction : le travail précédent s'est enrichi de pas mal d'additions et de remaniements, voire de quelques thèses nouvelles, dont l'ensemble se traduit par une augmentation de plusieurs centaines de pages.

Chacune des six sections condense en quelques thèses, placées en vedette, la doctrine enseignée ; mais cet appareil qui rappelle les procédés de la scolastique, n'emprunte rien de sa sécheresse à l'argumentation de l'École. Élargissant les échappées de vue, l'auteur trouve le moyen de vivifier son exposé théorique par le commentaire vivant — un peu touffu peut-être — des exemples et des faits ; car il ne s'est pas cru lié par son titre à se cantonner sur le terrain du droit naturel ; à la discussion des principes, il entremêle de temps à autre des excursions sur le domaine du droit positif où il se complaît à nous donner le fruit de ses observations. L'on retrouve là cette tendance, excellente du reste, qui s'accusait déjà dans d'autres travaux et qui porte l'auteur à faciliter l'étude des principes par la description des institutions existantes ; avec une heureuse adaptation de la doctrine traditionnelle aux questions du jour, nous y verrions volontiers une des notes caractéristiques du traité qui nous occupe. Disons tout de suite que l'ouvrage se signale par toutes les qualités qui marquaient les œuvres antérieures : respect de

la tradition se conciliant avec une heureuse originalité, ample richesse de matériaux, pages et notes bourrées de faits, citations, statistiques, où s'accumulent les bases d'une vaste induction, synthèses puissantes qui groupent et unifient, connaissance étendue de la littérature philosophique et économique contemporaine, critique pénétrante des théories adverses, pensées fécondes, phrase aisée : le tout coloré d'une nuance de bienveillant espoir qui témoigne d'inspirations généreuses. A côté du métaphysicien se devine l'orateur, le causeur, guidant avec méthode tous ceux qu'une initiation incomplète risquerait de désorienter dans le labyrinthe des formules trop didactiques. Toutefois, par l'effet même de l'abondance des matières, l'on serait heureux de rencontrer, à la suite de certains développements de longue haleine, un schéma succinct qui condensât les éléments essentiels de l'argumentation. La lecture n'y perdrait rien en intérêt et la suite des déductions y gagnerait en relief.

La partie sociale a visiblement les préférences du P. Castelein : avec le droit civil et politique, elle forme la section la plus développée. C'est ici surtout que sont passées en revue nombre de dispositions du droit positif, belge ou étranger : régime électoral, impôts, unions professionnelles, accidents du travail, etc. Chacun sait la position prise par l'auteur dans les divers courants d'idées qui se partagent les sociologues contemporains ; même parmi ceux qui répudient, comme lui, l'État-providence et l'État-gendarme, il peut se rencontrer pas mal d'écarts d'opinions ; nous ne pouvons évidemment pas les discuter ici par le détail.

Une thèse, étrangère au cours latin, nous fournit à la page 288 la théorie du juste prix et de la valeur, pierre angulaire de tout l'édifice économique. Tous les éléments du problème sont soigneusement analysés : le juste prix des choses, à déterminer par l'estimation commune, " est constitué par un ensemble d'éléments essentiellement disparates et en partie instables : ceux-ci composent dans une proportion indéfinissable la valeur d'échange des marchandises „. Cette valeur augmente ou diminue selon le jeu de divers facteurs qui sont, outre la quantité de travail humain emmagasiné dans le produit, l'excellence des propriétés naturelles, la qualité du travail manuel, la quantité et la qualité de la production mécanique, la rareté, enfin les circonstances accidentelles, étrangères à la fraude ou à l'abus, qui augmentent l'utilité de la marchandise. Quant au principe régulateur du prix des choses, il faut le voir, non pas dans les formules de la réglementation officielle, mais dans " la conscience des

contractants, d'après la loi de l'offre et de la demande honnêtement interprétée. Cette loi, à l'état primitif et rudimentaire, exprime l'accord libre et honnête de deux hommes;... elle suppose, dans sa forme complète, un grand nombre d'acheteurs et de vendeurs „ et c'est ici qu'entrent en ligne les fluctuations de la concurrence. Ce chapitre ne nous donne pas de définition expresse de la valeur ; peut-être l'auteur a-t-il jugé qu'une notion si complexe se prête mal à la rigidité d'une formule. Dans le court exposé précédent, l'on retrouve l'idée scolastique qui fait sortir la valeur de l'estimation commune; mais détachées de la première partie de la thèse, certaines expressions de la suite sembleraient introduire un léger écart de nuance (1).

A la question du juste salaire sont consacrées les trente pages suivantes. La justice commutative assigne comme mesure au juste salaire d'un ouvrier " la valeur économique de son travail estimée d'après le prix courant des produits de ce travail; la loi de l'offre et de la demande, non pas des bras — ce qui serait pur manchestérianisme — mais des marchandises, peut donc seule, par l'effet d'une crise, l'abaisser au-dessous des besoins moyens d'un bon ouvrier, père de famille. L'équité, au service de la justice générale, demande en outre que le patron prélève sur la partie douteuse de son bénéfice une part convenable pour les institutions patronales qui répondent aux exigences du salaire familial collectif. „ Par suite sont rejetés les salaires conventionnel, usuel, personnel et familial (ce dernier, soit relatif, soit absolu). On le voit, cette théorie, qui ne manque pas d'originalité, fait intervenir la justice générale et l'équité, aussi bien que la justice commutative ; elle entend la première dans un sens plus large que la définition classique ; à noter encore le rôle mutuel de la justice et de la charité (pp. 283, 330, 337). Les subdivisions de la thèse montrent que l'auteur n'a voulu aborder le problème qu'après en avoir exploré les multiples aspects, " la théorie du juste salaire étant une théorie très complexe..., régie à la fois par des lois d'ordre économique et des principes d'ordre moral et social qu'il n'est pas aisé de concilier dans toutes leurs applications „. Quant au salaire familial absolu, la divergence de vues, au dire même de l'auteur (p. 335, note), s'accuse davantage du côté théorique que du côté pratique ; nous ne pouvons que

(1) Voir par exemple THEOLOGISCHE QUARTALSCHRIFT, Tübingen, 1869, p. 427; ou Cauwès, *Cours d'Économie politique*, nos 189 et suiv.

nous féliciter de cette constatation, quoi qu'il en soit des différences dans la conception métaphysique des systèmes.

La section de droit civil et politique nous fournit, entre autres choses, une analyse détaillée des théories anciennes et contemporaines sur la fin de l'État, l'origine du pouvoir, le suffrage, etc. L'on ne saurait trop louer les connaissances de l'auteur qui apporte à l'examen des divers systèmes toute la sagacité du critique aguerri de longue date dans le viril exercice de la pensée. Remarquons encore les excellentes pages sur la société conjugale ; elles fourmillent de substantiels enseignements.

En sociologue attentif au mouvement des idées contemporaines, le P. Castelein n'a pas manqué de nous donner ses vues sur la question féministe : nous ne pouvons que nous en réjouir ; les considérations qu'il émet sont d'excellent aloi ; elles vont même jusqu'à nous arracher un regret : celui de ne pas rencontrer à cet endroit quelques pages d'exposé critique, si bien semées ailleurs, qui eussent éprouvé la solidité des systèmes de Stuart Mill, Bebel, etc. Répudiant le féminisme radical, l'auteur se déclare favorable à ce féminisme modéré qui préconise le progrès dans l'éducation intellectuelle de la femme et dans la lutte contre les despotismes païens. Sans s'arrêter, comme d'autres, à l'infériorité de la femme, souvent contestable en fait, au dire des féministes (1), et assurément stérile en déduction logique — car jamais il ne sera vrai de dire que faiblesse entraîne diminution de droits — le P. Castelein remonte au rôle assigné naturellement aux deux sexes, racine ontologique de leurs différences physiques, intellectuelles et morales. Il défend " quelques réformes que demande le droit naturel pour rétablir l'équilibre rompu entre les droits de l'homme et de la femme, non seulement dans le mariage, mais hors du mariage ". Moins favorable à l'extension des droits politiques, son attitude est éloignée de toute exagération dans cet exclusivisme ; elle le porte surtout vers l'élargissement de l'action sociale de la femme. Ces points de vue, on le voit, visent surtout la mère de famille. Il n'eût pas été sans intérêt de connaître l'avis de l'éminent sociologue sur cet aspect spécial du problème que nous présente, par rapport à l'accès des carrières, la supériorité numérique des femmes dans beaucoup d'États européens (2) ; en Allemagne notamment,

(1) Mouvement sociologique, février 1903, p. 29.

(2) Dr Koch, *Die Frage der Frauenemancipation*, Tübingen, 1897, p. 420. — Cathrein, *Die Frauenfrage*, Freiburg, 1901, p. 117.

malgré l'excédent des garçons sur les filles en dessous de dix-sept ans, les derniers recensements accusaient une disproportion d'ensemble qui montait à près d'un million.

Deux mots encore avant de finir : l'induction (p. 372) qui a pour but de réagir contre les dénigrements systématiques de l'aristocratie de naissance, est-elle bien concluante ? Dans quelles limites faut-il entendre l'obligation de conscience imposée par les lois (p. 841) ? Enfin la preuve de cette même proposition se dégage-t-elle bien nettement des éléments apportés ?

K. G.

XV

L'avenir du Christianisme. Introduction : La Vie et la Pensée chrétiennes dans le passé, par Albert Dufourcq, professeur à l'Université de Bordeaux. Un vol. gr. in-8° de x-779 pages. — Paris, Blond et Cie, 1904.

I. Pascal a écrit : " Qu'il est beau de voir, par les yeux de la foi, Darius et Cyrus, Alexandre, les Romains, Pompée et Hérode agir, sans le savoir, pour la gloire de l'Évangile (1) ! "

Cette pensée, Sainte-Beuve en a fait la remarque, contenait en germe le *Discours sur l'Histoire Universelle*, arbre robuste issu de cette petite graine.

L'idée qu'elle renfermait a longtemps hanté l'esprit des historiens chrétiens ; l'évolution tout entière de l'humanité leur apparaissait comme une énigme indéchiffrable à qui n'en possède pas la clé ; et cette clé est Jésus. La préparation à l'avènement du Fils de Dieu, la prédication de son Évangile, le développement de son Église, sont le fil conducteur qui guide la raison dans le dédale des faits historiques, qui fait reconnaître un plan d'une admirable unité en ce qui eût semblé l'œuvre du hasard.

L'œuvre du hasard, ou mieux l'inextricable tissu de conséquences fatales produites par un enchevêtrement de lois sans finalité, c'est bien ce que le rationalisme voit dans l'histoire de l'humanité. Évolution d'une espèce animale donée d'un encéphale aux circonvolutions compliquées, qu'une inconsciente sélection

1) Pascal, *Pensées*, édition Havet, art. XIX, n° 6.

a rendue plus apte que les autres primates à réagir contre les causes de destruction qui l'entourent, le chaud, le froid, la faim, la férocité des carnivores; dont les diverses familles s'entretuent afin que la sélection naturelle parachève son œuvre d'éleveur et ne laisse subsister que les races de choix; où quelques individus, inférieurs aux autres par les muscles, mais supérieurs par le développement cérébral, ont eu recours à la ruse pour dompter leurs robustes adversaires et en ont enchaîné les instincts au moyen de duperies qu'on a appelées *morale* et *religion*, où d'autres, pour mieux maîtriser les forces naturelles, ont imaginé des sciences dont le seul objet légitime est d'accroître la dose de jouissances physiques départie à chaque représentant de l'espèce; jouissances qu'accaparent, d'ailleurs, les plus forts ou les plus habiles, tandis que le vil troupeau peine et souffre, dans l'attente de la révolution violente qui lui permettra de se gorger à son tour; évolution sans but pour l'individu, que les actions chimiques redissolvent après quelques années où il a connu plus d'amertumes que de joie; évolution sans finalité pour l'espèce, dont les derniers représentants mourront de froid et de faim sur une planète gelée où jamais aucun géologue ne viendra exhumer leurs fossiles. Telle est l'histoire pour qui veut l'aborder en zoologiste et non point en chrétien.

Cette histoire-là n'est pas celle que nous expose M. Albert Dufourcq. Avec Cournot, dont il nous rappelle (1) le mot profond, il admet que " la religion que nos pères nous ont transmise n'est pas une religion comme une autre. Elle remplit dans l'histoire du monde civilisé un rôle unique, sans équivalent, sans analogue „. C'est ce rôle qu'il entreprend de nous décrire, depuis les temps perdus dans les brumes de la préhistoire, jusqu'à la veille de la tourmente révolutionnaire. Plus précisément, il prétend (2) nous montrer " que la fin de l'histoire est la réalisation d'une conscience commune à l'humanité, et que le Christianisme est la forme de cette conscience universelle „.

Cette grande pensée, ce n'est point en dissertations philosophiques qu'elle va se dérouler sous nos yeux. Selon la méthode chère à notre École historique moderne, elle ne cherchera point à se formuler en propositions abstraites et générales. Elle se montrera à nous telle qu'elle s'est développée dans le monde, concrète et vivante ; elle parlera par la bouche de ceux qui ont

(1) Préface, p. VIII.
(2) Ibid., p. VII.

en mission d'enseigner l'humanité ; elle vibrera dans les frémissements des poussées populaires, des émeutes et des révolutions ; on l'entendra courir sous le fouillis touffu des événements.

Langage des hommes ou récit des faits, tout a été passé au crible d'une sévère critique. Rompu aux discussions historiques rigoureuses, disciple d'une École où l'on ne se laisse volontiers piper ni par les traditions aux origines nébuleuses, ni par les documents apocryphes, M. Dufourcq n'accepte, pour jalonner la marche triomphale de l'idée chrétienne, que des bornes de granit, où se brisent les dents du scepticisme. Et la foule en est telle, de ces faits authentiques, ils se pressent si drus, tous penchés dans le même sens, tous orientés vers le but où tend l'histoire tout entière, qu'il serait puéril de s'attarder à discuter un événement douteux ou un témoignage suspect.

II. La description des *temps prémessianiques* n'est, dans l'œuvre de M. Dufourcq, qu'une introduction (1). Elle se résume dans l'opposition entre le judaïsme et le paganisme: le judaïsme, sentinelle fidèle qui veille à la sauvegarde de deux idées : la paternité divine, la fraternité humaine ; le paganisme, contempteur de ces deux idées : faisant du Père divin un destin inexorable, un tyran monstrueux ou un compagnon de débauches, faisant du frère humain un esclave.

Au milieu d'une sourde anxiété qui tend le judaïsme et le paganisme vers l'avènement de nouvelles idées, le Promis paraît (2). Humble ouvrier d'un petit pays, il passe, guérissant les aveugles et les boiteux, ressuscitant les morts, évangélisant les pauvres, il meurt ignominieusement, victime de toutes les jalousies et de toutes les hyprocrisies. Mais la mort de la croix n'est que le prélude du triomphe de la Résurrection et de l'Ascension.

Et aussitôt s'inaugure le développement de l'Église du Christ, perpétuel recommencement du drame miraculeux qui a couronné la vie terrestre de son Chef, suite continuelle de passions qui ne mènent à la mort que pour aboutir à la résurrection.

La petite communauté chrétienne de Jérusalem est écrasée par la persécution ; mais le pressoir qui la broie fait gicler au loin l'idée chrétienne dont les gouttes éparses feront fermenter

(1) Introduction. *Les origines chrétiennes*. I. Les origines humaines. II. Le judaïsme. III. Le paganisme.

(2) Livre I. *L'Époque messianique*. Ch. I. La révolution religieuse. — Ch. II. Jésus de Nazareth.— Ch. III. Saint Pierre et les Apôtres.— Ch. IV. Saint Paul. — Ch. V. Saint Jean. — Ch. VI. Saint Irénée.

le paganisme. Voici que les églises se fondent à Antioche, en diverses villes d'Asie Mineure, en Grèce, à Rome ; que Paul de Tarse arrache l'œuvre de Jésus aux étreintes avares du judaïsme et proclame la catholicité du Christianisme : que Pierre installe dans la capitale des Césars le siège de la papauté naissante ; que Jean, l'apôtre centenaire, barre la route aux hérésies qui s'avancent en rédigeant l'Évangile " mystique „ ; qu'Irénée, le père des apologistes, fixe la doctrine chrétienne et, par son œuvre, couronne les *Temps Messianiques*.

III. Du IIIe au XIe siècle, s'étend ce que M. Dufourcq nomme l'*Époque Méditerranéenne* (1). " Les pays méditerranéens (2), et eux seuls, voient se développer alors la vie que le Christ a apportée „, que les Apôtres ont prêchée, qu'ont organisée les émules d'Irénée.

Une première période, celle de la Chrétienté Romaine, comprend le IIIe et le IVe siècle.

Deux puissances se dressent en face l'une de l'autre : l'Église chrétienne et l'Empire païen ; leurs principes s'opposent comme la négation à l'affirmation : entre elles, pas de conciliation possible : " Ceci tuera cela „ ; et, avec Septime Sévère, l'Empire romain entend bien être *ceci*, qui tuera *cela*, l'Église du Christ. La persécution se déchaîne avec des alternatives d'accalmie relative et de violences inouïes : la foi des martyrs et la charité des chrétiens ont enfin raison de l'Empire, dont la défaite est acceptée par Constantin et qui peut, avec Julien terrassé, s'écrier : " Tu as vaincu, Galiléen ! „

" L'alliance des deux puissances naguère ennemies (3) établit entre elles des rapports intimes ; il en résulte naturellement une

(1) Livre II. *L'Époque Méditerranéenne*. Ch. I. Première Période La chrétienté romaine. La vie chrétienne au IIIe et au IVe siècle (des Sévère aux Théodose). — Ch. II. Première Période : La chrétienté romaine. La pensée chrétienne au IIIe et au IVe siècle (d'Origène à saint Augustin). — Ch. III. Seconde Période : La marche à l'ouest. Le Christianisme et les Byzantins (Ve-VIIIe s.). — Ch. IV. Seconde Période : La marche à l'ouest. Le Christianisme et les Germains (Ve-VIIIe s.). — Ch. V. Troisième Période : La chrétienté franque. Le Christianisme et l'organisation impériale (VIIIe-IXe s.). — Ch. VI. Troisième Période : La chrétienté franque. Le Christianisme et la désorganisation seigneuriale (Xe-XIe s.).

(2) P. 245.

(3) P. 253.

(4) P. 266.

lutte d'influence. Les traditions impériales sont d'abord les plus fortes, puis c'est le tour des traditions chrétiennes qui prévalent „, purifiant les mœurs de la corruption païenne et pénétrant de charité la dure législation de l'antiquité, l'Église, libre d'entraves, développe son organisation : les vertus des ascètes embaument ces temps qui voient naître les premiers moines.

Pendant que se déroule la lutte de l'Église et de l'Empire, lutte que l'histoire verra renaître sans cesse, sous cent formes diverses, une autre lutte se poursuit qui, elle aussi, aura ses perpétuels recommencements. La doctrine révélée est aux prises avec la science indépendante. En ce moment, la dispute est ardente entre la science hellène qui rayonne autour de l'École d'Alexandrie et la théologie des apologistes. Mais alors que la pensée séparée se croit assurée de la victoire sur le dogme révélé, deux courants se dessinent, qu'aux diverses époques de l'histoire nous verrons couler de nouveau pour le plus grand progrès de la science profane comme de la science sacrée ; l'un de ces courants — *intellectus quærens fidem* — christianise la science grecque ; l'autre — *fides quærens intellectum* — organise la théologie chrétienne selon les exigences de la dialectique hellénique ; ces deux courants confluent en une synthèse à laquelle est attachée le grand nom de saint Augustin.

Mais voici venir une nouvelle Passion : de terribles épreuves fondent sur l'Église.

Constantinople, qui s'est substituée à Rome comme capitale de l'Empire, s'efforce à conquérir également la primauté chrétienne : l'esprit séparatiste qui s'y développe prépare le schisme ; alors la sève vivifiante qui gonfle la souche cesse d'affluer à la branche coupée ; elle s'étiole dans les mœurs dissolues, les ambitions puériles, les querelles sans objet, jusqu'au jour où le Turc jettera au feu ce sarment desséché depuis longtemps.

D'autre part, l'Islam soulève les tribus arabes, comme le simoun, le sable du désert ; il les lance en une tourmente furieuse au travers de l'Afrique, de l'Espagne, de l'Aquitaine ; tandis que la science hellénique est réduite en cendres à Alexandrie, les glorieuses églises des Cyprien et des Augustin sont balayées. L'idée chrétienne a disparu des régions qui l'avaient vue naître, de celles où elle avait jeté le plus vif éclat.

Est-elle morte ? non point. Refoulé de l'orient et du sud par l'ouragan musulman, elle s'avance à flots pressés vers le nord et l'ouest ; comme une marée qui monte sans cesse, elle submerge les barbares nouveaux venus de la Germanie, noyant

leur paganisme ou leur arianisme ; elle déferle sur l'Irlande, que saint Colomban et ses moines conquièrent pour toujours à l'Évangile ; et ses dernières ondes vont faire germer les saints aux terres de Souabe et de Westphalie, imprégner de la vie évangélique les régions lointaines qu'habitent les Slaves et les Hongrois ; mais ses eaux les plus profondes couvrent le pays des Francs. A la *Période de la Marche vers l'ouest,* succède la *Période franque* que Charlemagne domine de sa stature de colosse.

Triomphe momentané de l'idée évangélique que suit bientôt une nouvelle Passion.

Les invasions de nouveaux barbares, avivant les instincts mal refrénés des premiers arrivés, brise l'empire franc. " L'empereur disparu (1), les rois disparaissent à leur tour ; malheur à qui n'a pas su grouper derrière lui une forte association de fidèles, de vassaux !... L'orgueil étouffe les forts, la peur abaisse les faibles, l'égoïsme ronge toutes les âmes... Vivre au jour le jour, comme l'on peut, chacun pour soi ; échapper aux massacres et aux famines, voilà tout l'idéal de ces pauvres humains dégradés par la crainte de la maladie, de l'incendie et de la mort ! „ Ils voient avec terreur approcher l'an 1000, qui sera le dernier du monde.

Cette anarchie met la vie religieuse en grand péril ; les seigneurs confisquent les biens de l'Église ou en usurpent les dignités ; les clercs simoniaques vivent dans le désordre. Est-ce la fin de l'idée chrétienne ? Dans ces profondes ténèbres, elle ne jette plus qu'une lueur pâle et palpitante, mais elle n'est pas éteinte ; elle continue, en mainte région, à briller au cœur de nombreux saints. Menacés par les exactions de toutes sortes, les faibles cherchent un suzerain assez fort pour les protéger, assez loyal pour ne les point opprimer, et, n'en trouvant point sur terre, ils *recommandent* leurs biens à l'apôtre : ils créent ainsi ce patrimoine de l'Église romaine dont la formation et l'évolution ont été si bien étudiées par mon regretté ami Paul Fabre. Enfin le monastère de Cluny est fondé, foyer où la petite flamme chrétienne va s'aviver et redevenir un ardent brasier.

IV. Voici qu'à la fin du XIe siècle, alors que l'Orient se sépare définitivement de l'Église romaine, celle-ci reprend, sur les

(1) Page 450.

nations occidentales de l'Europe, sa puissante et salutaire influence (1).

L'action énergique de la papauté, aux mains d'hommes tels que saint Grégoire VII, l'ardente prédication de moines comme saint Bernard, rendent à l'Église la pureté des mœurs et l'exactitude de la discipline ; redevenue saine et robuste, elle s'empare de la société féodale, la police, l'organise ; elle dérive à la rescousse des Musulmans le trop-plein de violence et d'ardeur batailleuse qui bouillonne en cette société.

Devant cette puissance de l'idée chrétienne, que personnifie la papauté, les puissances civiles, toutes frémissantes de leur humiliation, sont forcées de s'incliner ; l'empereur Henri IV fait pénitence à Canossa et l'orgueil de Barberousse est brisé par Alexandre III. Tandis que saint François d'Assise et saint Dominique raniment la foi dans les âmes et font revivre les vertus des premiers chrétiens, la pensée chrétienne reprend l'œuvre de saint Augustin. Saint Anselme, Hugues de Saint-Victor, Pierre Lombard, inaugurent une tradition philosophique et théologique qui produira son chef-d'œuvre en l'œuvre de saint Thomas d'Aquin ; et c'est le moment où les sciences profanes se remettent en marche avec Albert le Grand, Roger Bacon, Petrus Peregrinus, Jordanus Nemorarius, où l'art gothique dresse ses plus pures cathédrales, où le roi de France s'appelle Louis IX. Par cette glorieuse *Période de la Chrétienté féodale* s'ouvre *l'Époque occidentale.*

Mais voici que s'annonce une *Période de guerre à l'Église.* Le transfert de la papauté à Avignon prépare le schisme d'Occident. La lutte des princes contre le pouvoir papal reprend avec une nouvelle ardeur ; leur œuvre administrative attaque l'indé-

(1) Livre III. *L'époque occidentale.* Ch. I. Quatrième Période : La chrétienté féodale. La restauration du Christianisme. Saint Grégoire VII et saint Bernard. — Ch. II. Quatrième Période : La chrétienté féodale. L'organisation de la chrétienté féodale. Innocent III et saint François. — Ch. III. Quatrième Période : Les Progrès de la chrétienté féodale. Saint Louis et saint Thomas. — Ch. IV. Cinquième Période : La guerre à l'Église. La désorganisation de la chrétienté. Les papes d'Avignon. — Ch. V. Cinquième Période : La guerre à l'Église. La crise de l'Église. Le schisme d'Occident. — Ch. VI. Cinquième période : La guerre à l'Église. Chrétientés ou chrétienté. La papauté princière. — Ch. VII. Sixième Période : La chrétienté monarchique. Le concile de Trente. — Ch. VIII. Sixième Période : La chrétienté monarchique. La vie chrétienne. — Ch. IX. Sixième Période : La chrétienté monarchique. La pensée chrétienne.

pendance de *fait* de l'Église. D'Ailly et Gerson, Wycleff et Jean Huss ressuscitent les hérésies ; leurs théories étatistes ou individualistes attaquent la doctrine *spéculative* de l'Église. Pendant ce temps, des bouleversements profonds déracinent des idées que l'on croyait assises sur des fondements inébranlables. Colomb, Vasco de Gama, Magellan transforment et élargissent la notion que l'homme s'était faite des terres habitables ; et Copernic lui enseigne que sa demeure n'est qu'une planète semblable aux autres, qu'elle n'est ni le centre du monde, ni l'axe des mouvements célestes. L'imprimerie naissante répand à profusion ces opinions nouvelles, en même temps qu'elle exhume la pensée païenne, enfouie depuis des siècles. La papauté s'efforce d'imprégner de tendance chrétienne l'art de la Renaissance ; mais la Renaissance, en retour, paganise l'Église, l'affaiblit et la corrompt ; un Borgia s'asseoit sur la chaire de saint Pierre.

Le 31 octobre 1517, Martin Luther ouvre la Querelle des Indulgences ; en 1527, les soldats de Bourbon mettent Rome à feu et à sang.

La réformation se déchaîne à travers l'Europe ; elle en arrache de vastes lambeaux à la suprématie de l'Église de Rome ; en maint endroit, les princes s'allient à la révolte religieuse et grossissent leur autorité civile des débris de l'autorité spirituelle qu'ils convoitaient depuis longtemps.

Mais voici que l'Église a reconnu la grandeur du mal et qu'elle prépare le remède. " Paul III choisit (1) une commission chargée de préparer la réforme et, à chacun de ses membres, il remet l'instruction suivante : " Nous espérons t'avoir élu pour que tu rétablisses dans nos cœurs et dans nos œuvres l'autorité du Christ déjà oubliée par les laïques et par nous autres, membres du clergé ; que tu portes remèdes à nos maladies ; que tu reconduises les brebis du Christ dans leur bercail unique et que tu éloignes de nous la colère de Dieu et sa vengeance : nous l'avons méritée et elle est sur le point de tomber sur nous.

„ Soutenue (2) par la milice défensive des Inquisiteurs et par la milice offensive des Jésuites, la Papauté impose au monde la réforme catholique..... Elle organise, dirige et protège le Concile œcuménique de Trente qui raffermit le Christianisme sur ses bases. „ Devant la multiplicité anarchique des croyances protes-

(1) Page 656.
(2) Page 657.

tantes s'affirme l'unité disciplinée du dogme catholique. Les progrès du Protestantisme sont arrêtés et, dans les pays demeurés unis, la foi et la charité éclairent et échauffent le grand XVIIe siècle.

Cependant de nouveaux dangers ne tardent pas à surgir ; non seulement le protestantisme campe sur ses positions, dont l'Église ne parvient pas à le déloger, mais, dans les pays catholiques, les deux éternels ennemis se dressent de nouveau. Enorgueillie par le progrès éblouissant des sciences positives de Galilée à Descartes et de Huygens à Newton, l'incrédulité rationaliste enlève à la foi l'élite intellectuelle. D'autre part, l'État s'efforce de nouveau d'absorber l'Église ; les monarques des pays catholiques, incités par l'exemple des princes protestants, veulent dominer le pouvoir religieux. Des dangers qui menacent l'idée chrétienne au sein des *monarchies catholiques*, celui-là est peut-être le plus grave ; la Révolution française va le briser.

V. Après avoir brossé en larges touches, aux couleurs chaudes et vigoureuses, le tableau dont nous venons de retracer une pâle esquisse, M. Dufourcq s'éloigne de son œuvre assez pour l'embrasser d'un coup d'œil et en recevoir l'impression d'ensemble (1).

Voici en quels termes il résume cette impression (2) :

" Dans le passé, le développement chrétien n'apparaît pas comme comparable au développement d'un système logique qui, d'un principe posé, tirerait ses conséquences par voie déductive.

„ Le développement chrétien n'apparaît pas davantage comme analogue à l'évolution régulière d'un germe vivant qui croît, s'épanouit et meurt.... Le développement chrétien présente une physionomie originale et singulière. Il n'est pas soumis à des lois — non plus qu'abandonné au hasard ; on n'en peut constater ni l'arbitraire, ni la nécessité. Il apparaît comme *conditionné* par une infinité de faits, lesquels, en dernière analyse, dérivent de la libre volonté de l'homme et de la libre grâce de Dieu. „

P. Duhem.

(1) Conclusion : Le passé et l'avenir du Christianisme.
(2) Page 743.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

ETHNOGRAPHIE ET LINGUISTIQUE

L'Anthroposociologie. — En ces dernières années, l'anthropologie a singulièrement étendu le domaine de ses recherches ; l'étude de l'homme et des races humaines n'a plus suffi à son activité sans cesse en éveil et elle s'est annexé l'étude des sociétés humaines. On ne saurait, sans quelque injustice, qualifier cette extension assez naturelle d'usurpation. Aussi bien, l'homme vivant en société, l'anthropologie pouvait élever quelque prétention à rechercher, dans la formation des groupements ethniques, dans les phases de leur développement, l'influence du facteur de la race. Ce faisant, elle n'empiétait pas sur le terrain propre de la sociologie qui se contente d'étudier les lois et l'organisme des sociétés, quels que soient d'ailleurs les éléments dont elles sont composées et dont elle ne s'inquiète guère. *L'anthroposociologie*, tel est le nom de la nouvelle science, a un double objet : " pour le passé, dit Muffang, elle met en relief l'importance des facteurs ethniques dans l'évolution des civilisations historiques ; pour le présent et pour l'avenir, elle nous convie à réfléchir sur le rôle que pourraient jouer, dans la vie des nations, ces deux forces naturelles redoutables, l'hérédité et la sélection, si elles étaient scientifiquement dirigées ".

L'anthroposociologie a déjà produit un grand nombre de travaux et recueilli des adeptes zélés parmi lesquels il faut citer MM. Vachel de Laponge, H. Muffang, O. Ammon et G. Crosson. Toutefois, elle a suscité également des oppositions formelles. Il était donc à propos de soumettre la nouvelle théorie à un examen critique approfondi de ses méthodes et de ses conclu-

sions. Cette tâche a naguère été entreprise par M. Albert Hocepied, avec une sûreté d'information et un esprit d'impartiale modération auxquels il convient de rendre pleinement hommage (1). Nous dirons cependant sur quel point nous ne saurions partager entièrement les vues du sagace critique.

M. Hocepied a très méthodiquement divisé son travail; il donne d'abord une idée fort précise du but que se propose la nouvelle école anthroposociologique. Puis il résume nettement les données ethnologiques admises aujourd'hui au sujet des " trois races principales qui, en se combinant entre elles à des degrés divers ou avec d'autres éléments de moindre importance, ont produit la majeure partie du composé ethnique européen ". M. Hocepied revient ensuite aux lois fondamentales de l'anthroposociologie, pour nous parler enfin des conclusions pratiques qu'on prétend en tirer.

Après cet exposé aussi lumineux que sincère des nouvelles théories, M. Hocepied en fait la critique. Il accorde que la jeune science est méritoire et qu'elle pourrait éventuellement rendre à la science sociologique entre autres de réels services. Mais, d'autre part, il dénonce à juste titre l'hypothèse arbitraire, et en tous cas indémontrée, sur laquelle elle s'appuie, de l'origine purement animale de l'homme, et qui devait fatalement aboutir dans la pratique à ces conclusions absurdes qui substituent l'élevage à l'éducation et ramènent l'histoire de l'humanité à celle de l'animalité.

Les prétendues lois de l'anthroposociologie, de l'aveu même de certains de ses adeptes, sont loin d'être indiscutables. M. Hocepied recueille précieusement ces aveux ; peut-être eût-il pu aller au delà et entreprendre résolument lui-même la réfutation directe des axiomes sur lesquels on croit pouvoir s'appuyer.

Autant faut-il en dire des données ethnographiques mises à la base du système. Il y avait là aussi des réserves formelles à faire, et nous pensons que l'anthroposociologie devra tenir compte d'un nombre d'éléments ethniques plus considérable que celui qu'elle a déterminé pour ses recherches. Les dénominations d'*Homo Europaeus*, *Alpinus* et *Mediterraneus* ou *Meridionalis* sont, croyons-nous, plus complexes que la terminologie et les définitions ne pourraient le faire supposer.

Nous revenons aux justes éloges à décerner à l'étude de

(1) *L'Anthroposociologie.* Extrait des ANNALES DE LA SOCIÉTÉ BELGE DE SOCIOLOGIE. Bruxelles, 1903, in-8°, p. 46.

M. Hocepied en adhérant complètement à sa manière de voir sur les réfutations peu sérieuses proposées par MM. Bouglé (1) et Manouvrier (2) des théories de l'anthroposociologie. Il donne là une leçon de loyauté scientifique qui fait le plus grand honneur à son esprit de saine critique.

Malgré tout, M. Hocepied a foi dans l'avenir de l'anthroposociologie. Sans vouloir contredire absolument cet optimisme, nous croyons cependant que la nouvelle science, plus que d'autres, est exposée, pour quelque temps encore, à des mécomptes. Elle n'est pas en de bonnes mains. Pour reprendre une comparaison de M. Hocepied, l'enfant est mal élevé et il aura, pour parvenir à quelque chose de bon, à se défaire de mauvaises habitudes et à s'inspirer de principes plus sûrs que ceux qui l'ont guidé jusqu'à ce jour. A notre avis aussi, l'anthroposociologie ne servira jamais qu'à déterminer l'influence de fait qu'ont pu avoir les races dans la formation et le développement des civilisations. Vouloir l'ériger en principe actuel et en règle pratique de l'amélioration physique ou morale des sociétés sera toujours une brillante illusion et une chimérique utopie. En dépit des systèmes, la liberté gardera ses droits ou pour le bonheur ou pour le malheur des sociétés.

L'Ethnographie et le Soleil. — Qu'on ne s'étonne pas de l'accouplement de ces deux termes, mais que l'on ne songe pas seulement, en les remarquant, aux énormes différences produites par l'influence du climat polaire ou celle de la zone tropicale. M. Lugeon, professeur de l'Université de Lausanne, vient de démontrer qu'en un même endroit le Soleil est un facteur ethnique dont l'action est sensible (3). Il a étudié la population de la vallée entre Martigny et le glacier du Rhône. Or on constate d'abord que la rive gauche a 20 000 habitants, tandis que sur la rive droite il y en a 34 000. Pourquoi cette proportion si différente ? C'est que la rive droite est mieux exposée au soleil. On saisit également sur le vif l'action de l'astre bienfaisant sur le caractère moral, social et intellectuel des habitants de la région. Dans le seul village de Reckingen, il y a deux castes fort distinctes, celle du soleil et celle de l'ombre. Pour curieuses que

(1) *Castes et Races*, dans La Grande Revue, t. XVII, pp. 92 et suiv.

(2) *L'Indice céphalique et la pseudo-sociologie*, Revue de l'École d'anthropologie de Paris, t. IX, 1899, nos d'août et de septembre.

(3) *Quelques mots sur le groupement de la population du Valais.* Lausanne, 1903.

soient ces constatations, il n'en faudrait pas exagérer l'importance, ni trop accorder au rôle ethnique du Soleil. Il n'y a pas encore lieu de créer, après l'anthroposociologie, l'*héliosociologie*.

L'Ethnographie et Alexandre de Humboldt. — Quels que soient les progrès qu'elle ait réalisés, il y a, pour toute science, intérêt et utilité à recueillir les idées et les principes de ceux qui en furent les premiers initiateurs. Il faut donc loner M. Alfred Markowitz d'avoir recherché quelques-unes des théories ethnographiques d'Alexandre de Humboldt (1). Le travail est en effet restreint à la question des idées populaires de certains peuples d'Amérique. Point qui n'est pas sans importance, surtout pour l'ethnologie du nouveau monde, puisqu'il doit servir à résoudre le problème qui se pose, et qui est loin d'être élucidé, de savoir jusqu'à quel degré les peuples de l'Amérique sont tributaires ou non des conceptions religieuses, mythologiques, morales et sociales des anciens continents.

M. Markowitz fait surtout ressortir qu'Alexandre de Humboldt est tombé à cet égard dans une étrange contradiction. Tantôt il est d'avis que les usages de certaines peuplades décrits par lui appartiennent au fonds même de l'humanité, à ce patrimoine commun qu'on retrouve dès qu'on a affaire à l'homme et que de ces usages on ne saurait rien conclure pour une transmission de peuple à peuple et moins encore pour établir une communauté d'origine. D'autres fois, et c'est le cas le plus fréquent, Alexandre de Humboldt est porté à voir dans les données ethniques qu'il constate la preuve d'influences extérieures, des souvenirs d'autres civilisations, voire même des caractères de races. On peut dire en général que Humboldt admet l'emprunt en première ligne pour des analogies de civilisation ; il n'a recours à la théorie des idées communes à l'humanité qu'en désespoir de cause, lorsqu'il n'a pu démontrer l'emprunt.

Il ressort de l'intéressante étude de M. Markowitz que si Alexandre de Humboldt a pressenti l'important principe, mis en relief par Bastian, du caractère général et humain de bon nombre de faits ethniques, il n'a point su donner à cette théorie toute sa valeur et que dans l'application il l'a trop souvent méconnue.

L'Origine de l'écriture. — Sur cet intéressant sujet, M. Arthur J. Evans a donné, au cours de l'année 1903, trois confé-

(1) *Die Völkergedanke bei Alexander v. Humboldt*, dans Globus, t. LXXXIV, 1903, pp. 1-3.

rences à l'Institution royale de la Grande-Bretagne. En voici un résumé (1).

Il semble bien qu'un des moyens primitivement mis en œuvre par l'homme pour donner à l'expression de sa pensée une forme durable, a été l'écriture pictographique. Quelques tribus sauvages de l'Amérique septentrionale en font encore usage aujourd'hui, mais à l'époque préhistorique ce système d'écriture était fort répandu. En Europe, nous le trouvons dans les *trolldrums* de la Laponie, en Scandinavie sur les rochers peints, comme ceux de Bohuslän et la pierre tombale de Kivik, en Espagne dans les représentations de Fuencaliente en Andalousie. Les hiéroglyphes de l'Égypte et les plus anciens caractères cunéiformes de la Babylonie sont des écritures pictographiques, ainsi que la graphie des Hittites.

Des découvertes récentes faites en Crète ont mis au jour un certain nombre de monuments remontant jusqu'à dix-huit siècles avant l'ère chrétienne, neuf siècles avant la propagation de l'alphabet phénicien. Et sur ces monuments on a déchiffré des inscriptions gravées dans un caractère d'écriture tout spécial. M. Evans attache la plus grande importance à cette découverte, qu'il croit de nature à ouvrir des horizons nouveaux sur la question toujours débattue de l'origine de l'alphabet. Il semble qu'on puisse aujourd'hui remonter plus haut que l'alphabet phénicien et que les inscriptions crétoises récemment découvertes fournissent le prototype plus ancien d'où ce dernier dérive.

Les Pygmées. — Voici les conclusions d'une étude récente de M. Kollmann sur ce sujet (2). Nous devons nous contenter de les mentionner sans entrer dans une discussion qui nous mènerait trop loin.

On a aujourd'hui retrouvé des pygmées sur toute la surface du globe, dans les diverses parties du monde habité. Leur taille varie de $1^{m}20$ à $1^{m}50$, et leur capacité crânienne va de 900 à 1200. La collection formée au Pérou par la princesse Thérèse de Bavière a établi avec certitude la présence des pygmées dans le nouveau monde. Ceux-ci ont été retrouvés également en diverses localités de l'Europe, à l'époque préhistorique, et chaque jour de

(1) MAN. 1903, pp. 50-55.

(2) *Die Pygmäen und ihre systematische Stellung innerhalb des Menschengeslechts.* Separatabdruck aus den VERHANDLUNGEN DER NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT ZU BASEL, t. XVI, 1902, p. 32.

nouvelles découvertes viennent augmenter la liste de ces stations.

M. Kollmann combat, avec infiniment de raison, l'opinion qui regarde les pygmées comme le produit de la dégénérescence de races normales, mais nous ne sommes pas également convaincu qu'il faut y voir les représentants des plus anciens types de l'espèce humaine. Toutefois, on ne peut nier que la présence constatée de pygmées en Égypte, à l'époque de la première dynastie, vienne confirmer les vues des anciens relativement à l'existence des pygmées en Égypte.

A son essai sur les pygmées, M. Kollmann a ajouté un diagramme donnant la généalogie des races modernes de l'humanité. Le principal critère de la classification est, outre la capacité crânienne, la forme des cheveux. Dans l'évolution qui a abouti à la fixation actuelle des types de l'humanité, M. Kollmann reconnaît cinq stages, assez arbitrairement, il faut bien le dire. Du reste, tout le travail de M. Kollmann est bien plus une esquisse qu'une étude approfondie. Signalons toutefois une excellente bibliographie de la question des pygmées.

Les pygmées sont surtout répandus en Afrique, et depuis Schweinfurth en 1870, on a souvent signalé la présence de Négrilles sur le continent africain.

Récemment M. J. Deniker a résumé l'ensemble de ces recherches en marquant le plus exactement possible, sur la carte d'Afrique, la distribution géographique des pygmées africains (1).

M. Deniker s'occupe également du type des Négrilles. A l'encontre de Stanley, il ne reconnaît, pour tous les pygmées de l'Afrique, qu'un seul type ; les divergences constatées sont des variétés individuelles. Mais si les Négrilles d'Afrique ne constituent qu'une seule race, il faut les distinguer, d'après M. J. Deniker, " des Négritos de l'Asie et des Bochimens avec lesquels on a voulu les réunir en un seul groupe ". Cette dernière opinion n'est pas toutefois démontrée par M. Deniker ; nous nous contenterons donc aussi d'affirmer qu'il y a pourtant certains arguments à faire valoir en faveur de l'unité de race des Négritos d'Asie et des Négrilles d'Afrique.

Sur le même sujet, nous signalerons encore quelques bonnes observations de MM. Poucet et Leriche (2). Ces auteurs croient

(1) La Géographie, 15 octobre 1903, pp. 213-220.
(2) Revue scientifique, 7 nov. 1903, pp. 587-593.

à un nanisme ancestral, et pour eux l'achondroplasie — ainsi s'appelle aujourd'hui la dégénérescence de la taille — ne serait pas autre chose qu'un retour imprévu au type pygmée atavique, retour survenant sous des influences qui nous échappent.

L'Origine asiatique des Aryas. — Un des arguments que les partisans de cette thèse ont souvent fait valoir, et qui n'a peut-être pas été réfuté péremptoirement par les tenants de l'opinion opposée, est le contact des Aryas avec les Sémites. On a relevé ces rapports en plusieurs ordres d'idées. M. d'Arbois de Jubainville vient d'en signaler un nouveau qui a été découvert par MM. J. Loth et Vallée (1).

L'importance du nombre douze chez les Indo-Européens avait déjà été invoquée pour marquer leur voisinage avec les Babyloniens, alors que chez la plupart des Aryas c'est le système décimal qui a prévalu.

MM. Vallée et J. Loth viennent de constater que les Bretons connaissent les douze nuits du 25 décembre au 6 janvier, croyance superstitieuse répandue en Allemagne et qui correspond aux douze nuits saintes de la littérature brahmanique. Ces douze nuits sont connues en Bretagne sous le nom de *gourdeziou*. " Or, remarque M. d'Arbois de Jubainville, il est difficile d'admettre qu'une notion astronomique aussi précise, associée au nombre douze, ne soit pas d'origine babylonienne. „

A cette occasion, M. d'Arbois de Jubainville rappelle que " le char du guerrier chez les Grecs homériques et celtiques et les javelots dont ce guerrier est armé paraissent d'origine hittite „. En outre, la monogamie des Grecs, des Romains et des Irlandais ressemble beaucoup à celle qui est promulguée dans le code d'Hammourabi. Enfin la déesse *Ana* ou *Anu*, mère des dieux en Irlande, paraît identique à une divinité babylonienne, *Ana*, dont la forme masculine *Anou* et la forme féminine *Anat* forment un couple divin de qui toute chose est née.

" Il semble donc, conclut M. d'Arbois de Jubainville, y avoir eu à une époque fort reculée, plus de deux mille ans avant notre ère, contact entre les Indo-Européens et les Babyloniens. „

Nous signalons ces faits, sans cependant être absolument convaincu de la parfaite légitimité des rapprochements suggérés. Peut-être les *gourdeziou* bretons peuvent-ils être interprétés

(1) Comptes rendus de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres, 1903, pp. 315-318.

d'une autre façon. Le char et les javelots dont il a été question n'ont-ils pas été inventés sans l'emprunt d'une nation à une autre? La monogamie non plus n'est pas nécessairement d'origine babylonienne et il faut bien se défier un peu de l'assonance des *Ana* irlandaise et babylonienne.

Les Langues en Italie. — Il y a dans la Péninsule italique 252 600 habitants qui parlent des langues étrangères et ces langues sont, par ordre d'importance : l'albanais, le français, le grec, le slovène, l'allemand et le catalan.

L'albanais est parlé par 90 000 individus répartis dans 47 communes de l'Italie méridionale et de la Sicile. Les Albanais ont émigré en Italie aux xve et xvie siècles ; avec leur idiome maternel, ils ont gardé leurs traditions, leurs chants nationaux et même leurs costumes, que les touristes vont admirer à Piane dei Greci, près de Palerme.

Il y a 80 200 habitants de l'Italie qui se servent du français ; cette population est exclusivement cantonnée dans les hautes vallées des Alpes, où elle forme deux groupes distincts. Le premier comprend tout l'arrondissement d'Aoste et le val Soano, l'autre se trouve dans les arrondissements de Suze et de Pignerol.

Dans les Pouilles et dans les Calabres on rencontre 31 200 Grecs venus en Italie après la chute de Constantinople.

Les Slovènes sont au nombre de 35 000, d'autres auteurs disent seulement de 24 700, cantonnés dans le Frioul, dans six ou sept communes de l'arrondissement d'Udine. Il y a aussi un petit groupe de Slovènes d'environ 5300 individus dans la province napolitaine de Chieti. Ils descendent des soldats amenés par les rois d'Aragon et d'Anjou pour soutenir leurs prétentions à la couronne de Naples et aussi d'émigrés de la péninsule balkanique.

Les communautés allemandes sont dispersées en quatre groupes, l'un situé dans les vallées piémontaises et milanaises, les trois autres en Vénétie. Dans le premier groupe, qui occupe sept communes, on compte 5700 individus parlant l'allemand. Les trois groupes vénitiens se composent des descendants des treize colonies allemandes *(tredeci communi)* établies sur le plateau de Tragnagno (Véronais) et des sept colonies *(Sette communi)* installées autour d'Asiago, dans la région de Vicence. Il y a là aussi 5700 habitants de langue allemande.

Enfin dans la commune d'Alghero (Sardaigne), il y a 9800 habitants qui parlent le catalan (1).

Les Habitants de la Corse. — Après avoir résumé les opinions diverses proposées au sujet de l'origine de la population de la Corse, M. le Dr A. Bloch conclut que les Ibères doivent être considérés comme la souche première de cette population (2).

Mais d'autre part, M. le Dr F. Delisle a justement fait remarquer que la race de Cro-Magnon a laissé dans l'île une empreinte très marquée. Aussi bien, ce peuple fixé dans le sud-ouest de l'Europe a pu aisément franchir la mer et former en Corse un noyau assez important " pour qu'on puisse retrouver sur nombre de sujets la forme crânienne qui lui était particulière, sa dolichocéphalie spéciale, de même qu'on peut la rencontrer partout où elle est allée" „ (3).

Si donc on peut admettre que les Ibères ont fourni un contingent même sérieux à la population de la Corse, il paraît peu probable qu'ils puissent être considérés comme les seuls ancêtres.

Les Roumains. — M. le Dr Eugène Pittard a entrepris l'étude anthropologique des populations roumaines ; ce travail n'avait encore tenté aucun anthropologiste (4).

Après avoir rappelé les conclusions sommaires de l'ethnographie sur ce point et signalé la diffusion des Roumains dans toute la péninsule balkanique, M. le Dr Pittard étudie avec beaucoup de soin les caractères physiques des Roumains.

La taille moyenne est de 1m,65 ; au point de vue craniologique, la sous-brachycéphalie domine. En comparant la valeur de l'indice céphalique chez les Roumains de la montagne et chez les Roumains de la plaine, il semble résulter que les premiers sont plus brachycéphales que les seconds. Toutefois, M. Pittard n'énonce cette conclusion que sous réserves. Par leur indice vertical de longueur, les Roumains sont hypsicéphales et

(1) Ces renseignements sont empruntés à un article de M. H. Raseri dans le Bulletin international de l'Institut de Statistique, t. XII, fasc. 2. Rome, 1902. Cf. les observations de M. Charles Rabot sur ce travail dans La Géographie, t. VIII, 1903, pp. 101-105.

(2) *Considérations anthropologiques sur la Corse actuelle, ancienne et préhistorique* dans Bulletins et Mémoires de la Société d'Anthropologie de Paris, 17 août 1902.

(3) L'Anthropologie, 1903, t. XIV, p. 564.

(4) L'Anthropologie, t. XIV, pp. 33-58.

mésocéphales par leur indice vertical de largeur. Dans la très grande majorité des cas, les cheveux sont bruns. Le visage est beaucoup moins allongé que celui des Grecs ou des Albanais. Les Roumains, en ce qui concerne l'indice nasal, vérifient la loi assez généralement constatée de la décroissance de cet indice au fur et à mesure que la taille s'élève.

Les Esthoniens. — Répandus dans le gouvernement actuel d'Esthonie, les Esthoniens habitent au nord de la Livonie avec quelques éléments sporadiques dans les districts de Witebsk et de Pétersbourg. Ils sont environ au nombre d'un million.

Le type physique des Esthoniens est très caractérisé et, dès le premier aspect, se distingue nettement de celui des Slaves et des Germains, ses plus proches voisins. Aussi bien, ce peuple n'appartient pas à la race indo-européenne, mais il se rattache au rameau ethnographique des Finnois, et du reste ses caractères anthropologiques confirment de tout point cette provenance. Le crâne penche vers la brachycéphalie, la face est réduite en hauteur, mais très large, le plus souvent les yeux sont gris-bleu, les cheveux plutôt blonds. La taille est élevée et bien proportionnée.

Quels sont les rapports ethnographiques des Esthoniens avec les autres peuples d'origine finnoise ? Au point de vue de la langue, les rapports sont des plus intimes, et l'on peut dire que l'esthonien n'est qu'un dialecte du finnois.

L'unité anthropologique des diverses tribus de la famille finnoise n'est pas aussi nettement établie. Si, comme on l'a vu, les Esthoniens ne démentent point, par leurs caractères physiques, leur parenté avec les Finnois, d'autre part il y a certaines divergences notables.

Nous avons emprunté ces détails à un travail très approfondi de M. Richard Weinberg, auquel nous renvoyons le lecteur qui désirerait avoir des renseignements plus étendus sur les Esthoniens. Il faut d'autant plus signaler ce travail que M. R. Weinberg, à la fin de son article, a dressé une bibliographie très complète de son sujet.

Les premiers Habitants du Japon. — Le Dr Koganei, professeur à l'Université de Tokyo, complète aujourd'hui les recherches qu'il a entreprises sur le même sujet, il y a dix

(1) Zeitschrift für Ethnologie und Urgeschichte, t. XXXV, 1903, pp. 382-429.

ans (1). Il constate d'abord l'accroissement des données sur l'âge de la pierre au Japon; les gisements de cette époque maintenant connus s'élèvent au chiffre de 2000, répartis sur soixante-quinze provinces. Ce sont des Kjökkenmöddings ou des cavernes avec des restes d'habitation ; on y a trouvé des haches polies, des flèches, des perçoirs, des racloirs et autres instruments du même genre, des poteries, des ossements de divers animaux et des parties de squelettes humains.

La plupart des ethnographes japonais distinguent deux sortes d'hommes préhistoriques du Japon, ceux des îles Ryukyu et de Formose et ceux de Houshu, Shihoku et Yezo. Les recherches de M. Koganei portent sur ces derniers.

M. S. Tsuboi, professeur d'anthropologie à Tokyo, a émis l'avis que les habitants les plus anciens du Japon n'ont rien à voir avec les Aïnos. Il appuie cette théorie sur un grand nombre d'arguments que M. Koganei examine en détail. Si ces arguments ne sont pas sans valeur, d'autre part ils n'opèrent point la conviction. M. Koganei penche donc plutôt pour la thèse contraire et donne de très bonnes raisons pour penser que les premiers habitants de l'empire japonais ne furent pas différents des Aïnos de la Corée.

Les Races de l'ancienne Égypte. — A lire sur cet intéressant sujet un excellent article de M. W. M. Flinders Petrie (2).

L'auteur a retrouvé parmi les statuettes de Nagada, sur les pierres et ivoires sculptés de Hieraconpolis et les ivoires gravés des tombes royales d'Abydos, six types principaux de représentants des races de l'ancienne Égypte.

Il y a d'abord le type au nez aquilin des représentations préhistoriques, provenant de la Haute-Égypte. Ce type se rattache à celui des Libyens et la physionomie rappelle celle des Amorites. Il s'ensuit que le nord de l'Afrique, l'Égypte et la Syrie ont été occupés par des tribus alliées, de caractère européen.

Le deuxième type est celui à barbe tressée, au nez épais et droit, arrondi à l'extrémité et au menton fuyant. Ce type est celui d'un peuple vaincu.

En troisième lieu on trouve un type au nez pointu, à la barbe

(1) *Ueber die Urbewohner von Japan*, dans Globus, t. LXXXIV, 1903, pp. 102-106, 117-123.

(2) The Journal of the Anthropological Institute of Great Britain and Ireland, t. XXXI, pp. 248-255.

projetée en avant. La chevelure est tressée et tombe en arrière du sommet de la tête.

Le quatrième type se distingue par un nez saillant, mais court et épais ; la chevelure est ondulée. D'après M. Petrie, c'est là le type général de l'Égypte moyenne à l'époque de l'invasion des dynasties pharaoniques.

De ce type diffère très peu le sixième, qui a la barbe en saillie et la base du nez horizontale.

Enfin, le type au nez droit qui est celui de la race pharaonique conquérante et qui a son meilleur représentant dans le portrait bien connu du roi Narmer. Ce type, qui disparaît à la fin de la IIe dynastie, semble avoir son point de départ à Abydos, et être venu par conséquent de la mer Rouge, le long de la route de Kosseir.

Ethnographie de Figuig. — D'un intéressant travail de M. Edmond Doutté sur cette oasis (1), nous extrayons quelques détails relatifs à la population de cette région africaine.

Le ksar de Zenâga a cinq groupes de populations, les Beni Dârît, les Ouled Moussa, les Ouled Silimane, les Atsânma et les Ouled Saïd. Au point de vue ethnographique, il est malaisé d'établir la parenté de ces diverses tribus, et les divisions ethniques " constituent généralement non des rameaux issus d'une même souche, mais des boutons, des greffes continuelles rapportées sur un pied primitif devenu parfois impossible à discerner ".

Le type physique de ces Sahariens est très mélangé; toutefois les blonds sont rares. Il y a à Figuig de nombreux *hartânis*, que l'on considère, à tort ou à raison, comme les descendants de l'ancienne race négroïde qui aurait jadis dominé le Sahara. Aujourd'hui les *hartânis*, sans être proprement esclaves, occupent une situation inférieure.

Il y a deux langues usitées à Figuig, l'arabe et le berbère ; toutefois peu de femmes savent l'arabe et bon nombre d'hommes n'en connaissent que quelques mots. Tout le monde, au contraire, sait le berbère. Celui-ci constitue cependant un dialecte particulier, qui offre avec l'idiome d'autres tribus voisines des divergences parfois très notables.

M. Doutté donne de très curieux renseignements sur l'administration des oasis de Figuig, l'alimentation, la parure, les

(1) *Figuig. Notes et impressions*, dans La Géographie, t. VII, 1903, pp. 177-202.

danses et les fêtes, les cérémonies en usage à la naissance des enfants, aux mariages et aux funérailles. Il décrit aussi les croyances religieuses des Figuigiens, leur régime de propriété, leurs habitations et leur industrie. Celle-ci est rudimentaire et semble avoir beaucoup déchu. Dans toutes les maisons cependant on fabrique les burnous et quelques tapis intéressants. Les *hartânis* font de la poterie.

La Population au Congo. — Le Révérend J. W. Weeks, missionnaire anglais établi à Monsembe, chez les Bangala, a publié dans le nº du 23 octobre 1903 du West African Mail une série de lettres où il s'efforce de démontrer que l'État indépendant du Congo est responsable de la dépopulation et de la dégénérescence d'un certain nombre de tribus indigènes.

M. Weeks présente ces observations avec l'autorité d'un homme qui a longtemps habité la contrée, il proteste de sa parfaite sincérité et de sa bonne foi. Ses observations personnelles portent sur ce qu'il a vu entre Bokongo et Ikununga, dans les villages bangala avoisinant Nouvelle Anvers. Toutefois il a cru pouvoir étendre ses affirmations à la plus grande partie du Congo navigable, du Stanley Pool jusqu'à Bopoto.

Que prétend M. Weeks ? A l'entendre, sur l'immense espace que nous venons de circonscrire, les rives se dépeuplent et les tribus dégénèrent, et ce sont les impositions, les déportations et les amendes infligées par l'État indépendant qui sont cause de cette situation.

Mais un autre missionnaire, Mgr Van Ronslé, vicaire apostolique du Congo belge, qui a passé quatorze ans dans les régions visées par M. Weeks, a cru devoir faire sur ses assertions les plus formelles réserves (1).

Mgr Van Ronslé constate d'abord que parmi, les tribus bolangi (Bwembe, Bolobo, Lukolela) qui en fait dépérissent, le gouvernement n'a jamais recruté ni soldats ni travailleurs. Les impositions réclamées de leurs villages établis le long du fleuve sur

(1) Mgr Van Ronslé a adressé ses observations au Bien Public de Gand, qui les a reproduites dans son nº du 18 novembre 1903. Plusieurs autres journaux et recueils périodiques, entre autres La Vérité sur le Congo, nº du 25 novembre 1903, pp. 30-36 ont aussi publié l'article de Mgr Van Ronslé. L'importance de cette communication, qui n'échappera à personne, nous a décidé à la consigner ici pour lui assurer une publicité moins éphémère que celle des journaux, quelque autorisés que ceux-ci puissent être.

un parcours de 100 lieues, consistent à ravitailler trois petits postes et à entretenir la route de la ligne téléphonique. Ce n'est pas ce travail peu onéreux et peu fatigant qui peut contribuer à la dépopulation.

Cette dépression est due à d'autres causes absolument indépendantes d'une prétendue oppression gouvernementale. Mgr Van Ronslé signale d'abord l'épidémie connue sous le nom de *maladie du sommeil*. Il y a six ans que cette épidémie, dont aucun remède n'a jusqu'à ce jour enrayé les progrès, fait de terribles ravages. L'île de Brevene a vu descendre sa population de 82 000 à 22 000 individus.

Il y a deux autres causes de la dépopulation, la suppression de l'esclavage et le défaut de natalité. M. Weeks a constaté que la population de Nouvelle-Anvers atteignait en 1890 le chiffre de 50 000 habitants. Mais Mgr Van Ronslé a observé qu'il y avait là au moins un tiers d'étrangers, surtout des Mongo, que les Bangala avaient acquis soit par des guerres, soit par des achats. L'État ayant supprimé cette source inique d'accroissement de la population, il ne restait que la natalité pour rétablir l'équilibre. Or la polygamie continue à régner chez les Bangala et maintient la moyenne des naissances à une proportion inférieure.

Enfin Mgr Van Ronslé constate que plusieurs villages se sont déplacés pour échapper au contact de l'Européen et qu'un certain nombre de Bangala se sont volontairement expatriés dans le désir de voir du pays. Mais, ajoute-t-il fort justement, " les déplacements des villages et les expatriations doivent être considérés comme des causes non pas du dépérissement des tribus, mais simplement de l'abandon des rives, et il n'est pas raisonnable d'en faire un grief au gouvernement„. Enfin, Mgr Van Ronslé conclut en disant " que la dégénérescence et le dépeuplement constatés à Nouvelle-Anvers sont le résultat de causes et d'influences étrangères à ce que l'auteur des lettres appelle *l'oppression* „.

Les Baganda. — Les Baganda qui habitent la rive occidentale du Victoria Nyanza, sont un des peuples noirs de l'Afrique les plus avancés en civilisation. On lira avec intérêt la monographie très documentée que leur a consacrée naguère M. J. Roscoe (1), et dont nous extrayons quelques détails saillants.

(1) *Notes on the Manners and Customs of the Baganda*, dans JOURNAL

La langue des Baganda, qui s'appelle le *luganda*, appartient à la famille bantou. Ils sont gouvernés par des rois dont la généalogie remonte à vingt-deux générations et qu'ils rattachent directement à l'Être suprême. La royauté est élective, c'est le premier ministre et le gardien en chef des provinces qui élit le roi. Dans la famille royale, on suit pour la descendance l'ordre maternel, tandis que pour le reste du peuple c'est la ligne paternelle qui est de règle. L'ensemble du gouvernement rappelle la féodalité, car chaque homme dépend d'un supérieur auquel il doit des prestations et des corvées de travail et qu'il est obligé de suivre à la guerre.

Dans l'organisation de la famille chez les Baganda, c'est le système des clans totémiques qui prédomine. Les lois du mariage sont fort sévères ; en règle générale, à moins qu'il ne s'agisse de clans très nombreux, un homme ne peut épouser une femme du clan paternel ou maternel. La polygamie est universelle, et jadis chaque homme ne pouvait avoir que trois femmes au maximum ; aujourd'hui le nombre n'est plus restreint et on achète les femmes à proportion de sa fortune. A deux femmes seulement la polyandrie est permise, la reine douairière et la sœur de la reine. Elles profitent largement de la permission et changent d'époux tous les deux ou trois jours. D'après la loi, tous les Baganda sont censés être leurs maris, mais comme elles n'ont pas le droit d'avoir des enfants, ceux qui leur surviennent sont impitoyablement mis à mort.

Les Baganda sont chasseurs et agriculteurs, quelques-uns pratiquent l'élevage du bétail. Il y a deux catégories de chasseurs, ceux qui poursuivent le gros gibier, buffles ou éléphants, et ceux qui se contentent de moindre proie. La principale culture est celle du bananier et des légumes. Les chasseurs se couvrent de peaux de divers animaux ; le vêtement des paysans est en fibres végétales. Peu de parures chez les hommes, mais les femmes portent des colliers et des bracelets. Les Baganda, à l'encontre de la plupart des peuplades africaines, ne se livrent à aucune déformation intentionnelle des organes.

Les Riverains du Niger (1). — Le chapitre VI de l'intéressante *Exploration hydrographique du Niger*, par M. le capitaine

OF THE ANTHROPOLOGICAL INSTITUTE OF GREAT BRITAIN AND IRELAND, t. XXXII, 1902, pp. 25 et suiv.

(1) *Comité des travaux historiques et scientifiques.* BULLETIN DE GÉOGRAPHIE HISTORIQUE ET DESCRIPTIVE, 1903, n° 1, pp. 106-119.

Lenfant, est consacré à l'ethnographie de cette partie du continent africain.

Les tribus riveraines du Niger sont connues sous les noms de Somonos, Bambaras, Saracolés, Kassonkés, Toucouleurs, Sonraïs, Zabermas, Dagas, Courtébés, Habés, Ouagobés, Baribas, Dendaouas et Boussaouas.

Les Bambaras et les Somonos sont de même race, mandingue, le Bambara est campagnard, le Somono est l'homme du fleuve. Parmi les Bambaras on distingue douze familles, qui toutes portent un nom d'animal.

C'est aussi à une même race que se rattachent les Saracolés et les Kassonkés. Ils sont moins intelligents que les tribus précédentes; excellents piroguiers et serviteurs dévoués, ils ont besoin d'une forte discipline. Leur intelligence est très moyenne.

Le nom des Toucouleurs vient de l'anglais, *two colours*, " deux couleurs ". il désigne des métis, Peulhs et Bambaras, Peulhs et Maures, Wolofs et Peulhs, etc.

Les Sonraïs, les Habés, les Ouagobés et les Courtébés semblent le produit de croisements, sans doute avec les Bambaras-Somonos.

Peu nombreux sur le Niger, mais répandus dans le haut Dahomey, les Baribas, alliés aux Dendaouas, sont des guerriers, très apathiques au travail.

Les Boussaouas, parmi lesquels on distingue encore les Napés et les Kaubaris, sont navigateurs et piroguiers d'une habileté extrême. Ils sont malheureusement paresseux et négligents. On remarque chez eux quelques types assez fins et assez réguliers.

Toutes ces tribus du Niger pratiquent le tatouage, et on peut voir dans l'article de M. Lenfant une quinzaine de dessins de ces tatouages.

Le Peuple des Bâtards de l'Afrique australe. — Le métissage d'un certain nombre de Boers avec des femmes hottentotes a donné naissance à une race nouvelle, qui semble avoir déjà pris quelque consistance. Les Bâtards sont aujourd'hui environ 2000, et ils occupent dans l'État d'Orange les quatre villages de Warmbad, de Rietfontijn, de Keetmanshoop et de Rohoboth. Ce dernier établissement est le plus considérable. Si d'une part les Bâtards tendent à garder l'intégrité de leur race en s'abstenant de tout contact avec les indigènes et en se mariant entre eux, d'autre part cependant leur peu de cohésion sociale semble,

dans un avenir plus ou moins prochain, préparer leur absorption par l'une ou par l'autre des races qui dominent dans l'Afrique australe (1).

Ethnographie et linguistique de Madagascar. — Il a paru, sur ce sujet, en ces derniers temps, trois travaux que nous signalons sommairement.

M. Guillaume Grandidier (2) rappelle d'abord que les Malgaches, au nombre de 2 500 000, se distinguent en dix-sept peuples principaux. Quant à leur origine, l'auteur se rallie à la thèse indo-mélanésienne. En effet, ni la langue ni les mœurs des Malgaches ne révèlent aucune trace d'aborigènes qui auraient précédé la première invasion.

Pour M. Henri Mager (3), le malgache n'est venu, en bloc, ni de la langue mélanésienne, ni de la langue polynésienne, ni de l'idiome battak. Il n'est fille d'aucune de ces langues, mais il s'est constitué, comme ces langues elles-mêmes, par des modifications qui lui sont propres. Le malgache, comme les autres idiomes que nous venons de citer, dérive d'une langue primitive qui fut incontestablement une langue asiatique. Chose étrange, et qui appelle bien des réserves à notre avis, M. Mager croit trouver des analogies entre le malgache et les idiomes ougro-finnois. Il signale aussi des mots égyptiens dans les dialectes de Madagascar.

Avec M. Aristide Marre (4), nous restons dans les idées classiques sur la langue malgache. Après avoir constaté son caractère de rigoureuse unité, qui s'est maintenu à travers les siècles par la tradition orale sans le secours de l'écriture, M. Marre établit l'origine malayo-polynésienne du malgache. Toutefois il admet, lui aussi, une élaboration propre qui, tout en laissant au malgache d'intimes analogies avec le malais et le javanais, y a infiltré d'importantes divergences phonétiques.

M. Marre pense que la langue malgache ne perd pas de terrain devant l'envahissement des colons français. Il faut pourtant con-

(1) Voir Lieutnant Gentz, *Die Geschichte der Südwestafrikanischen Bastardvolkes*, dans Globus, t. LXXXIV, 1903, pp. 27-29.

(2) *Ethnographie de Madagascar*, dans le recueil intitulé *Madagascar au début du XXe siècle*. Paris, 1902.

(3) *Les Origines de la langue malgache*, dans Revue scientifique, 28 juin 1902.

(4) *Linguistique de Madagascar*, dans le recueil *Madagascar au début du XXe siècle*.

stater que si les habitants de Madagascar restent fidèles à leur langue maternelle, d'autre part un très grand nombre d'entre eux apprennent rapidement l'idiome de leurs maîtres.

Les Tribus du Paraguay et du Matto Grosso. — Voici les conclusions d'une intéressante conférence donnée sur ce sujet par M. Th. Koch à la Société d'Anthropologie de Vienne (1). Le conférencier était, plus que personne, qualifié pour parler sur cette matière, puisque pendant deux ans (1898-1900) il a suivi la seconde expédition de M. Hermann Meyer au Schingu.

Au sud du Gran Chaco, M. Koch a trouvé les restes des Abipon et des Mokori qui, avec les Toba, les Payagua et les Kadiéo, forment le groupe linguistique du Guaikura. Les Toba ont été, jusqu'à ce jour, réfractaires à toute civilisation.

Sur le cours moyen et supérieur du Rio Bermejo et sur la rive septentrionale du Pilcomayo, vivent les Matakos ou Mataguayos, qui ont un idiome propre. Ces tribus se sont rapprochées des blancs et elles collaborent aux travaux des scieries de bois et des fabriques de sucre établies dans leurs parages.

De la rive septentrionale du Pilcomayo moyen dans l'intérieur du pays s'étendent les Lengua, qui, avec les tribus voisines, appartiennent au groupe linguistique des Maskoi. Comme les Toba, les Lengua sont nomades, mais ils se livrent aussi à la confection de convertures en laines, article très estimé au Paraguay.

Les Tschamakoko, qui vivent au nord du Chaco près des frontières du Brésil et de la Bolivie, sont des guerriers, qui, chose curieuse, ne se servent pas du cheval et entreprennent toujours à pied, chaussés de fortes sandales en cuir, de longues pérégrinations.

Le fonds de la population du Paraguay est formé par les Guarani, qui — M. Koch le rappelle — furent élevés par les Jésuites à un si haut degré de civilisation, dont malheureusement ils ne tardèrent pas à déchoir après la dispersion des Pères et la suppression des réductions. A la race pure des Guarani appartiennent les tribus des Kaingua ou Kayua, fortes de 10 à 20 000 âmes et qui occupent les deux rives du Parana. Ils se divisent en deux grands rameaux ethniques, les Apinteré et les Tschiripa. Fixés dans des villages, ils se livrent à la chasse et sont quelque peu agriculteurs.

(1) Mittheilungen der anthropologischen Gesellschaft in Wien, 1903, pp. 21-33.

Les Guato, qui ne sont plus qu'une centaine dans le Paraguay supérieur, vont probablement s'éteindre. Les Bororo, aujourd'hui pacifiés, ont donné longtemps du fil à retordre aux Brésiliens. De haute stature, chasseurs intrépides, les Bororo ont, comme les Guato, une langue qui ne se rattache à aucune de celles de leurs voisins.

Dans la région du Schingu, on distingue les Bakairi, les Nabuqua, les Mehinaku, les Trumai, les Aueto, les Kamayura, les Yaulapiti et les Suya, ensemble 3 ou 4000 âmes. Toutes ces tribus occupent de petits villages qui ont de deux à vingt maisons. C'est le système du matriarcat qui régit les relations de famille parmi ces tribus.

Les Dravidiens à Sumatra. — M. H. Kern, professeur à l'Université de Leyde, signale, chez les Karo-Bataks de Sumatra, la présence d'éléments dravidiens dans la toponymie (1). Ainsi *melijala* rappelle *malajalam* de Malabar, les *Tjolija* ont un nom apparenté à *Soliyam*, celui des habitants du royaume tamoul de Solam, et les *Pandija* semblent bien être les *Pandya* du Dekhan.

Comment expliquer l'importation de ces vocables de l'Inde antique à Sumatra ? Il faut bien admettre que les Simbiring de la presqu'île, qui surtout possèdent cette toponymie dravidienne, sont les descendants des anciennes populations du sud de l'Inde. C'est l'hypothèse proposée par M. Kern, et elle semble plausible. On sait du reste que les rapports furent fréquents, aux siècles passés, entre l'Inde et les îles de la Malaisie.

Populations des colonies allemandes de l'Océan austral. — Ces colonies se trouvent en Mélanésie, Polynésie et Micronésie. M. R. Fitzner distingue parmi ces populations trois races principales : la race australoïde, la race mélanésienne et la race polynésienne (2).

Deux grands rameaux dans la race australoïde, le rameau continental à crâne dolichocéphale et la branche tasmanienne, mésocéphale, qui à son tour est septentrionale et méridionale. La race australoïde constitue le plus ancien dépôt de populations, sur lequel se déversa la famille mélanésienne.

(1) Bijdragen tot de Taal-, Land- en Volkenkunde van Nederlansch-Indie, 1903, p. 358.

(2) *Die Bevölkerung der deutschen Südsee-Kolonien*, dans Globus, t. LXXXIV, 1903, pp. 22-25.

Celle-ci présente deux variétés, occupant l'une l'ouest, l'autre l'est de la région en question. Cette race est dolichocéphale et le rameau oriental l'est même à l'excès. Le type micronésien forme une troisième modification de la race mélanésienne.

Chez les Polynésiens, qui descendent des Malais, on distingue aussi deux branches, l'une occidentale, l'autre orientale. En général, les Polynésiens sont mésocéphales ; on a pourtant signalé des brachycéphales aux îles Tonga, à Hawaii et aux îles Marquises.

Il faut bien le dire, ces classifications sont quelque peu systématiques, et M. R. Fitzner n'hésite pas à déclarer que, par exemple, aux îles Carolines, le mélange est complet et qu'en fait il devient souvent malaisé d'établir une détermination ethnique précise des diverses populations.

M. Fitzner joint à la partie ethnologique de son travail, que nous venons d'analyser, un recensement très exact des tribus qui peuplent les colonies allemandes de l'Archipel australien. Il faut naturellement y renvoyer le lecteur que ces détails intéresseraient, et il ne saurait être question de reproduire ici cette statistique. Disons seulement que cette population ne s'élève qu'au chiffre de 449 450 hommes, sur lequel il n'y a que 761 blancs.

La communication de M. Fitzner a attiré l'attention de M. P. W. Schmidt, qui a présenté à l'auteur certaines remarques relatives à un point de philologie. A propos des langues de la Nouvelle-Guinée, M. Fitzner avait dit incidemment que la diversité de ces idiomes accuse plutôt des différences dialectales que la pluralité des langues. C'est vrai, dit M. Schmidt, pour les langues mélanésiennes parlées sur les côtes, mais il n'en va plus de même si l'on prétend appliquer l'observation aux Papous qui habitent le territoire proprement dit de la Nouvelle-Guinée. Avec une bonne grâce qui l'honore, M. Fitzner a reconnu le bien fondé de la légère critique qui lui était présentée (1).

La Population de l'île Yap. — Cette île est la principale des Carolines occidentales. Sa population appartient à la race micronésienne et compte 7464 habitants. Il y a tendance marquée à la décroissance ; car la natalité ne compense pas les pertes causées par les maladies climatériques et, il faut bien ajouter, par l'alcoolisme.

(1) *Die Bevölkerung der deutschen Südsee-Kolonien*, dans Globus, t. LXXXIV, 1903, p. 179.

Et c'est grand dommage, car ce peuple est bien doué. Libres et fières natures d'hommes, ils ont une exquise délicatesse de sentiments et se sont fort bien accommodés du régime colonial de l'Empire allemand.

On distingue dans la population deux classes très différentes, les Yap libres, *pi Uap* et les tributaires *Milingei ;* ceux-ci sont peu nombreux, ils ne forment que 20 p. c. de la population totale. Ces deux classes sont absolument séparées l'une de l'autre, pas de cohabitation, pas de mariages, pas de relations sociales ; même en voyage les *pi Uap* et les *Milingei* descendent dans des endroits très distincts et ne se mêlent jamais. Le costume aussi est particulier, et rien qu'à leur aspect physique on reconnaît aisément les deux classes : les *pi Uap* sont plus beaux et plus forts, les *Milingei* sont faibles, maladifs et malingres.

M. Arno Seufft, qui a récemment étudié ce peuple (1), fournit d'autres détails curieux sur les mœurs des habitants de l'île Yap. Il décrit leur toilette, les coutumes du mariage, l'alimentation, les danses et les jeux, l'habitation, l'organisation politique et les cérémonies funéraires. Nous devons renvoyer le lecteur que ce sujet intéresse, au travail même de M. Seufft.

Un mot pourtant du commerce et de l'industrie de l'île Yap. Le commerce, qui se borne aux transactions des insulaires entre eux, se fait par des échanges d'autres marchandises. Pour l'industrie, il faut signaler la fabrication des voiles de navires, des filets de pêche, le tissage.

La principale occupation des habitants de Yap est la pêche ; ils se livrent aussi à l'agriculture ; on cultive le taro, le bananier, la pomme de terre, le melon d'eau, les concombres, l'ananas.

J. G.

(1) *Ethnographische Beiträge über die Karolineninsel Yap*, dans Dr A. Petermann's Mittheilungen, t. XLIX, 1903, pp. 49-61, 83-87.

HISTOIRE DES MATHÉMATIQUES ET DES SCIENCES

—

La Bibliotheca Mathematica (1). — Le volume que je présente aujourd'hui au lecteur est le troisième de la 3e série. Il est à tout point de vue digne des deux précédents. C'est la même variété dans le choix des sujets, le même esprit de critique chez les auteurs, la même exactitude dans les citations et les références; en un mot, tout y est bon, et il n'est que juste de féliciter M. Eneström du succès avec lequel il dirige son excellente Revue.

Je ne puis songer à transcrire ici la liste complète des articles publiés dans ce troisième volume, mais voici ceux qui me paraissent mériter plus particulièrement l'attention. Si j'en passe sous silence, on voudra bien n'y voir ni critique, ni blâme. Les historiens des mathématiques trouveront même peut-être que je tais plusieurs travaux importants. Mais c'est moins pour les historiens de profession, que pour la majorité des lecteurs, que je fais ici l'analyse du nouveau volume de la Revue de M. Eneström.

L'histoire des mathématiques chez les anciens Grecs y est particulièrement riche. J'y remarque deux articles sur Simplicius, l'un par M. Ferdinand Rudio (2), l'autre par M. Paul Tannery (3); deux sur Archimède et un sur la chaudière à vapeur dans l'antiquité, tous trois par M. Wilhelm Schmidt (4); un sur le rôle de la musique grecque dans le développement de la mathématique pure par Paul Tannery (5) et un autre du même auteur sur la sommation des cubes entiers dans l'antiquité (6).

(1) Bibliotheca mathematica. Zeitschrift für Geschichte der mathematischen Wissenschaften. Herausgegeben von Gustaf Eneström in Stockholm. Dritte Folge, dritter Band. Leipzig, Teubner, 1902.

(2) *Der Bericht des Simplicius über die Quadraturen des Antiphon und des Hippokrates*, von Ferdinand Rudio in Zürich; pp. 7-62.

(3) *Simplicius et la quadrature du cercle*, par Paul Tannery à Pantin; pp. 342-349.

(4) *Noch einmal Archimedes' Ephodikón;* pp. 143 et 144.

Zur Textgeschichte der « Ochúmena » des Archimedes, von Wilhelm Schmidt in Helmstedt; pp. 176-179.

Zur Geschichte des Dampfkessels in Altertume, von Wilhelm Schmidt in Helmstedt; pp. 337-341.

(5) *Du rôle de la musique grecque dans le développement de la mathématique pure*, par Paul Tannery à Pantin; pp. 161-175.

(6) *Sur la sommation des cubes entiers dans l'antiquité*, par Paul Tannery à Pantin; pp. 257 et 258.

La partie consacrée à l'histoire des mathématiques chez les Arabes est plus pauvre. Je n'ai guère à y signaler que trois articles de M. Suter dont le plus important est consacré à la géométrie des fils de Mûsâ ben Schâkir (1).

Il en va tout autrement des mathématiques au moyen âge et dans les temps modernes, où je n'ai que l'embarras du choix. Encore une fois je voudrais pouvoir tout citer, mais je dois me borner. Je nommerai donc les belles études de Wertheim sur Jean Henri Rhan (2) et sur Pietro Cataldi (3); celle de Schor sur le paradoxe hydrostatique et Simon Stevin (très intéressante) (4); celle de Gino Loria sur la *Pseudo-versiera* (5); celle d'Ernst Goldbeck sur le système atomique chez Galilée (6); celle d'Eneström sur l'origine du nom d'*équation de Pell* (7); celle de Schmidt sur Léonard de Vinci et Héron d'Alexandrie (8); celle de Vacca sur la mesure des angles solides et des polygones sphériques (9); celle de Björnbo sur deux manuscrits du XIVe siècle (10);

(1) *Über die angebliche Verstümmelung griechischer Eigennamen durch arabische Übersetzer*, von Heinrich Suter in Zürich; pp. 408 et 409.

Über die im " Liber augmenti et diminutionis „ vorkommenden Autoren, von Heinrich Suter in Zürich; pp. 350-354.

Über die Geometrie der Söhne des Mûsâ ben Shâkir, von Heinrich Suter in Zürich; pp. 259-272. — Très intéressante étude sur le *Liber Trium Fratrum de Geometria*, publié par M. Curtze au t. XLIX des Nova Acta der k. Leopold.-Carol. Deutschen Akademie der Naturforscher, Halle, 1885; pp. 105-167.

(2) *Die Algebra des Johann Heinrich Rahn (1659) und die englische Übersetzung derselben*, von G. Wertheim in Frankfurt a. M.; pp. 113-126.

(3) *Ein Beitrag zur Beurteilung des Pietro Antonio Cataldi*, von G. Wertheim in Frankfurt a. M.; pp. 76-83.

(4) *Simon Stevin und das hydrostatische Paradoxon*, von D. Schor in Göttingen; pp. 198-203. — Écrit à propos d'un article publié par M. P. Duhem, dans la Bibliotheca Mathematica (3e série, t. I, 1900, pp. 15-19). *Archimède connaissait-il le paradoxe hydrostatique?*

(5) *Pseudo-versiera e Quadratice geometrica*, di Gino Loria a Genova; pp. 127-130.

(6) *Galileis Atomistik und ihre Quellen*, von Ernst Goldbeck in Berlin; pp. 84-112.

(7) *Über den Ursprung der Benennung " Pellsche Gleichung „*, von G. Eneström in Stockholm; pp. 204-207.

(8) *Leonardo da Vinci und Heron von Alexandria*, von Wilhelm Schmidt in Helmstedt; pp. 180-187.

(9) *Notizie storiche sulla misura degli angoli solidi e dei poligoni sferici*, di G. Vacca in Torino; pp. 191-197.

(10) *Über zwei mathematische Handschriften aus dem vierzehnten Jahrhundert*, von Axel Anthon Björnbo in Köbenhavn; pp. 63-75.

la lettre inédite de Tycho Brahe publiée par Favaro (1); l'histoire du calcul de π chez les Japonais (2); les biographies de Zallinger (3), de l'amiral de Jonquières (4), de Heller (5) et de Wertheim (6); enfin la bibliographie des travaux relatifs aux surfaces d'ondes de Fresnel, par Wölffing (7).

Les Paralipomènes d'Euclide par Heiberg (8). — Mieux que tous les éloges que nous pourrions faire de ce travail, la signature de l'éminent éditeur d'Euclide, M. Heiberg, garantit le soin qui y a été apporté. Les seules remarques qu'il soulève, purement philologiques, sortent du cadre de la Revue; il faut donc se borner à signaler l'ouvrage au lecteur, sans l'analyser. Expliquons pourtant ce que l'auteur entend par *Paralipomènes* d'Euclide.

Les lecteurs de l'Euclide d'Heiberg connaissent les dissertations historiques et critiques sur la constitution du texte, ajoutées par l'éditeur tantôt en tête, tantôt à la fin des divers ouvrages du géomètre grec. Ils ont remarqué que ces dissertations n'étaient pas toutes écrites sur le même plan et que l'examen comparatif des manuscrits de l'*Optique* et de la *Catoptrique*, par exemple, était beaucoup plus complet et plus minutieux que celui des manuscrits des *Éléments* (9). Personne n'a songé que je sache à en faire un reproche à M. Heiberg, car tout écourtés qu'ils soient

(1) *Una lettera inedita di Ticone Brahe*, di Antonio Favaro a Padova; pp. 188-190. — C'est une lettre adressée de Prague le 28 janvier 1601 au duc Ferdinand de Toscane.

(2) *The values of π used by the Japanese mathematicians of the 17th and 18th centuries*, by T. Hayashi in Tôkyô; pp. 273-275.

(3) *Der Innsbrucker Mathematiker und Geophysiker Franz Zallinger* (1743-1828), von Siegmund Günther in München; pp. 208-225.

(4) *L'Œuvre mathématique d'Ernest de Jonquières*, par Gino Loria à Genova, avec un portrait en photolithographie; pp. 276-322. — Étude très détaillée.

(5) *August Heller*, von Siegmund Günther in München; pp. 386-394.

(6) *Gustav Wertheim*, von G. Eneström in Stokholm; pp. 395-402.

(7) *Bericht über den gegenwärtigen Stand der Lehre von den Fresnelschen Wellenfläche*, von E. Wölffing in Stuttgart; pp. 361-382.

(8) *Paralipomena zu Euklid.* Hermes, Zeitschrift für classische Philologie, herausgegeben von Friedrich Leo und Carl Robert. T. 38. Berlin, 1903; pp. 46-74, 161-201, 321-356.

(9) *Euclidis Opera omnia* ediderunt I. L. Heiberg et H. Menge. — Vol. V. *Euclidis Elementa*, edidit I. L. Heiberg.... Lipsiae, in aedibus B. G. Teubneri MDCCCLXXXVIII. — *Prolegomena critica*, pp. XXI-CXIII.

Id. — Vol VIII. *Euclidis optica, Opticorum Recensio Theonis, Calop-*

les *Prolegomena critica* aux *Éléments* n'en comptent cependant pas moins de 93 pages. Mais s'il n'était guère possible d'écrire ces *Prolégomènes* sur un plan comportant des développements plus étendus, ils laissaient néanmoins une lacune, accrue encore depuis par la découverte et la publication de manuscrits et de papyrus nouveaux (1). C'est cette lacune que M. Heiberg s'est proposé de combler par le supplément qu'il nous donne aujourd'hui. Il l'intitule *Paralipomènes* par opposition, comme l'étymologie du mot l'indique, aux *Prolégomènes* édités dans les Œuvres d'Euclide.

A proprement parler, les *Paralipomènes* se rapportent aux seuls *Éléments*, à l'exception toutefois d'une espèce de hors-d'œuvre ou d'appendice de deux pages (2) qui mérite d'être signalé et qui concerne l'édition des Coniques d'Apollonius (3).

L'histoire du Problème de la Duplication du cube par le P. Carrara (4). — Comme le titre l'indique, l'histoire de la *Duplication du cube* par le P. Carrara fait suite à son histoire de la *Quadrature du cercle*. Elle en a la même clarté et la même élégance d'exposition. Je ne m'attarderai pas à redire une fois de plus ici l'importance du problème de la Duplication du cube dans l'antiquité et l'influence considérable qu'il eut sur le dévelop-

trica, cum Scholiis antiquis edidit I. L. Heiberg. Lipsiae, in aedibus B. G. Teubneri MDCCCXCV. — *Prolegomena*, pp. XI-LV.

Il est superflu de rappeler que les manuscrits des *Éléments* d'Euclide sont fort nombreux. Voir : *Saggio di una Bibliografia Euclidea*. Memoria del Prof. Pietro Riccardi, parte quinta, publié dans MEMORIE DELLA R. ACCADEMIA DELLE SCIENZE DELL'ISTITUTO DI BOLOGNA. Série V, t. III, Bologne 1893; pp. 637-674.

(1) Je nommerai avant tout le *Commentaire d'Anaritius*, édité par Curtze, dont j'ai rendu compte ici même dans le n° de juillet 1902. En outre :

Fragments d'un manuscrit des Éléments d'Euclide (xe siècle), par H. Omont. REVUE DES ÉTUDES GRECQUES, t. VII. Paris, 1894, pp. 373-379.

Quelques papyrus traitant de Mathématiques, par I. L. Heiberg, publié en français dans l'OVERSIGT OVER DET KONGELIGE DANSKE VIDENSKABERNES SELSKABS FORHANDLINGER 1900. Copenhague, 1900-1901; pp. 147-171.

(2) Pp. 333 et 334.

(3) *Apollonii Pergaei conicorum quae graece exstant cum commentariis antiquis*, edidit I. L. Heiberg. Leipzig, Teubner, t. I, 1891 ; t. II, 1893.

(4) Prof. Bellino Carrara, S. J. *I tre problemi classici degli antichi in relazione ai recenti risultati della scienza. Studio storico-critico. Problema secondo, la Duplicatura del cubo.* RIVISTA DI FISICA, MATEM. E SCIENZE NAT., Pavie, 1903.

pement des mathématiques. Sa solution dépend, on le sait, d'une équation complète du 3e degré et les essais des anciens Grecs pour la trouver par des procédés graphiques forment l'un des chapitres les plus intéressants de leur algèbre géométrique. Jadis Terquem (1) énuméra onze solutions différentes du problème dues aux géomètres grecs. On les trouve toutes exposées en détail chez le P. Carrara, dont au surplus voici le plan :

Chap. I. — Origine du problème. — La solution du problème de la Duplication du cube dépend de celui de l'insertion de deux moyennes proportionnelles. — Archytas de Tarente.

Chap. II. — Platon. — Eudoxe de Cnide. — Ménechme.

Chap. III. — Ératosthène. — Apollonius de Perge. — Héron d'Alexandrie.

Chap. IV. — Nicomède et la conchoïde. — Dioclès et la cissoïde. — Philon de Byzance.

Chap. V. — Pappus et Sporus. — Jordan Nemorarius. — Albert Durer. — Nicolas de Cusa. — Jean Werner de Nuremberg (2). — Oronce Fine et Michel Stiefel. — Buteon. — Pretorius. — Viète — Villalpandi et Grienberger.

Chap. VI. — Descartes.

Chap. VII. — Continuateurs de Descartes, notamment Sluse et Newton.

Chap. VIII. — Solutions approchées du problème.

On remarquera parmi les titres de ces chapitres les noms illustres de Viète, Sluse, Descartes et Newton. C'est que, si l'invention de l'algèbre littérale diminua l'importance réelle du problème de la Duplication du cube, elle ne réussit pas à lui faire

(1) Notice historique sur la Duplication du cube, publiée dans le BULLETIN DE BIBLIOGRAPHIE, D'HISTOIRE ET DE BIOGRAPHIE MATHÉMATIQUES, par M. Terquem, t. II. Paris, 1856, pp. 20-39.

La notice historique de Terquem est jusqu'ici la meilleure écrite *en français* sur l'histoire du problème.

Citons aussi, pour les lecteurs français, le chapitre intéressant que M. Zeuthen a consacré à la Duplication du cube dans son *Histoire des Mathématiques dans l'antiquité et le moyen âge. Édition française, traduite par Jean Mascart*, Paris, 1902, pp. 67-72, et dont le P. Carrara donne un résumé.

(2) A propos de la petite Note sur la trigonométrie de Jean Werner de Nuremberg (p. 60), j'appelle l'attention sur l'article donné par M. Eneström, dans la BIBLIOTHECA MATHEMATICA (III. Folge, III. Band, 1902, pp. 242 et 243) sous le titre *Über eine wiedergefundene Handschrift der Trigonometrie des Johannes Werner*. Il fait connaître complètement l'état actuel de nos connaissances sur cet ouvrage célèbre.

perdre son attrait de curiosité; aussi pendant de longues années encore les plus grands mathématiciens le jugèrent-ils digne de leurs méditations et de leurs recherches (1).

En résumé, le livre du P. Carrara constitue un très bon essai de grande vulgarisation.

Cosmographie primitive, classique et patristique par le P. Boffito (2). — Les systèmes cosmographiques des peuples anciens, dit avec beaucoup de vérité le P. Boffito, sont intimement liés à leurs systèmes cosmogoniques; on ne saurait sans violence les séparer les uns des autres.

Aussi le travail du savant barnabite tient-il à la fois de l'histoire de la philosophie et de celle de la science, de la cosmologie et de la mécanique. Comment, aux yeux des anciens et surtout des Pères de l'Église, l'univers s'est-il formé? Quelles raisons mathématiques, philosophiques ou exégétiques en apportent-ils? Telles sont les questions que le P. Boffito se propose de résoudre.

L'auteur est richement documenté et son érudition s'étend aussi bien aux auteurs de l'antiquité qu'aux ouvrages modernes. Les notes bibliographiques et justificatives occupent en moyenne plus de la moitié des pages et forment l'attrait principal de son beau mémoire. Je ne nierai pas que cette grande abondance entrecoupe souvent le texte courant et n'en rende parfois la lecture un peu fatigante, mais ce léger inconvénient — si inconvénient il y a — est amplement racheté par la multitude et la variété des renseignements que l'on trouve dans ces notes et je saurais plutôt gré, pour ma part, au P. Boffito d'avoir sacrifié une certaine élégance de rédaction au désir d'être utile et d'instruire.

(1) C'est ainsi que, sans vouloir faire le moindre reproche au P. Carrara pour l'avoir omise, une étude approfondie de Grégoire de Saint-Vincent eût fourni la matière d'un chapitre bien intéressant. L'un des deux grands ouvrages du jésuite brugeois (*R. P. Gregorii a S^o Vincentio ex Societate Jesu opus geometricum posthumum ad mesolabum per rationum proportionalium proprietates. Finem operis mors authoris antevertit. Gandavi, typis Balduini Manilii, typographi iurati, sub signo Albae Columbae, Anno 1668. Superiorum Permissu*) est consacré à la Duplication du cube. Une analyse telle que je l'aurais souhaitée aurait tout au moins eu le mérite d'être neuve, car les historiens des mathématiques semblent tous avoir reculé devant le gros in-folio de Grégoire.

(2) *P. Giuseppe Boffito, Barnabita. Cosmografia primitiva, classica e patristica.* Estratto dalle Memorie della Pontificia Accademia dei Nuovi Lincei, t. XIX et t. XX. Rome, 1903.

Comme le titre du mémoire le fait prévoir, il se divise en trois chapitres principaux : Cosmographie des peuples anciens; Cosmographie de l'antiquité classique, c'est-à-dire des Grecs et des Romains; Cosmographie des Pères de l'Église; — ce mot *cosmographie*, je viens de le dire, devant chaque fois s'entendre plutôt dans le sens de cosmogonie que d'astronomie.

Le chapitre II renferme une page très curieuse et tout particulièrement intéressante, je veux parler de l'influence exercée par la mécanique d'Archimède sur les conceptions que les Grecs se firent de la forme de l'univers. Mais de ces trois chapitres le meilleur et le plus neuf est la Cosmographie des Pères de l'Église. Les théologiens y retrouveront plusieurs des extraits qu'ils lisent couramment dans les traités *De Deo creante* à propos du commencement de l'œuvre des six jours, mais ils les y verront mis beaucoup mieux en lumière et placés davantage dans leur cadre naturel. Chez les Pères, aux arguments mécaniques et philosophiques, vient se joindre l'argument exégétique. Parmi eux, on le sait, la tendance est double. Beaucoup d'entre eux défendent franchement et avec conviction l'interprétation littérale du texte sacré. Pour les comprendre, la connaissance des systèmes philosophiques anciens sur la formation du monde n'est guère nécessaire, ils n'en ont cure. Mais d'autres Pères, presqu'aussi nombreux que les premiers, cherchent principalement à concilier l'interprétation de l'Écriture avec les doctrines scientifiques en vogue, à montrer comme on le fait aujourd'hui l'accord de la raison et de la foi (1); c'est surtout l'étude de ces derniers qui les fait apparaître dans le travail du P. Boffito sous un jour tout nouveau.

Documents pour l'histoire des Mathématiques au moyen âge et à la Renaissance par Curtze (2). — Aucune publication récente n'a, je crois, autant d'importance pour l'histoire des mathématiques au moyen âge latin et à la Renaissance que les *Documents* publiés dans ces deux volumes par Maximilien Curtze.

(1) Je rappelle que parmi eux il faut compter l'un des plus grands, saint Augustin.

(2) *Urkunden zur Geschichte der Mathematik im Mittelalter und der Renaissance*, herausgegeben von Maximilian Curtze, in zwei Theilen. Leipzig, Teubner, 1902. Abhandlungen zur Geschichte der Mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen. Begründet von Moritz Cantor, t. XII et t. XIII.

L'illustre savant dont nous déplorons la perte inopinée (1) écrivait, on le sait, avec une autorité et une compétence hors de pair sur cette partie de l'histoire, et la postérité dira peut-être un jour qu'il termina sa longue et féconde carrière en nous donnant son chef-d'œuvre.

Les *Documents* renferment quatre traités indépendants entre eux, que nous allons analyser très brièvement.

1° — *Le " Liber Embadorum „ de Savasorda, traduit par Platon de Tivoli* (2). Le *Liber embadorum* est un traité de géométrie pratique. Il est écrit par un juif espagnol, Abraham bar Chijja Ha Nasi, plus connu sous le nom de Savasorda, qui vécut à la fin du XIe et au commencement du XIIe siècle. Savasorda habita surtout Barcelone, mais on le trouve à certains moments dans le sud de la France et notamment en Provence. Quant à Platon de Tivoli, c'est avec Gérard de Crémone le grand traducteur des œuvres des géomètres et des astronomes arabes et il est superflu de s'attarder à redire ici les services qu'il rendit par ces versions aux mathématiciens de l'Occident latin.

Les traductions de Platon de Tivoli ont, à juste titre, été souvent taxées de lourdeur et d'incorrection ; mais M. Curtze remarque que, cette fois, la traduction de Savasorda échappe à ce reproche. On chercherait vainement, dit-il, une faute de déduction dans le texte du *Liber embadorum*. Platon écrit néanmoins dans un latin auquel nous ne sommes guère habitués ; aussi M. Curtze a-t-il fait chose utile en ajoutant une version allemande au texte latin.

Dans un simple compte rendu comme celui-ci, il est impossible d'énumérer ce qu'il y a de neuf (3) dans l'ouvrage de Savasorda.

(1) Maximilien Curtze naquit à Ballenstedt dans le Harz le 4 août 1837 et mourut à Thorn le 3 janvier 1903. Voir l'article biographique et bibliographique que M. S. Günther vient de lui consacrer dans la BIBLIOTHECA MATHEMATICA (III. Folge, IV. Band, pp. 65-81).

(2) *Der Liber Embadorum des Abraham bar Chijja Savasorda in der Übersetzung des Plato von Tivoli* ; pp. 1-183.

(3) Je me dispenserai de répéter plus loin cette remarque, mais elle n'est pas particulière au *Liber embadorum* et doit s'entendre aussi des trois autres traités édités dans les *Documents*.

C'est l'occasion de rappeler qu'un extrait du *Liber embadorum* a été publié en 1900 par M. Curtze dans la BIBLIOTHECA MATHEMATICA (III. Folge, I. Band, pp. 321-337). Cet extrait est la partie de son ouvrage que Savasorda consacre à la Trigonométrie. M. von Braunmühl l'analyse dans ses *Vorlesungen über Geschichte der Trigonometrie*, t. I. Leipzig, Teubner, 1900 ; pp. 89, 93 et 97.

Un travail de ce genre demanderait tout un mémoire ; aussi M. Curtze, en dédiant ses *Documents* à Cantor, prie l'illustre professeur d'Heidelberg d'entreprendre cette étude pour sa prochaine édition des *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik*. Je crois cependant qu'il est permis dès à présent de caractériser la place qui revient au *Liber embadorum* dans l'histoire de la science en disant que c'est une des sources les plus abondantes auxquelles ait puisé Léonard de Pise.

L'édition du *Liber embadorum* est faite d'après deux manuscrits latins de la Bibliothèque nationale de Paris (1).

2° — *La correspondance de Régiomontan avec Jean Bianchini, Jacques von Speier et Chrétien Röder* (2). — Bianchini ou Blanchini (3) était astronome du duc de Ferrare, mais on ignore la date de sa naissance et de sa mort ; von Speier occupait une position analogue à la cour du duc d'Urbin ; quant à Chrétien Röder, il était professeur de mathématiques à l'Université d'Erfurt. Ces trois savants, les deux derniers surtout, sont quelque peu oubliés aujourd'hui et c'est le grand nom de Régiomontan qui donne un intérêt de premier ordre à leur correspondance. Leurs lettres au nombre de neuf sont déjà connues par une première édition, incomplète cependant et très fautive, de Christophe Théophile de Murr dans ses *Memorabiblia Bibliothecarum Norimbergensium* (4). Pour ce seul motif, M. Curtze aurait été bien inspiré en les rééditant. Mais il y a mieux ; le manuscrit

(1) *Manuscrit latin* 11 246 ancien *Supplément latin* 774 et *Manuscrit latin* 7224.

(2) *Der Briefwechsel Regiomontan's mit Giovanni Bianchini, Jacob von Speier und Christian Röder ;* pp. 185-336.

(3) On doit à Blanchini des *Tabulae coelestium motuum* plusieurs fois rééditées et qui parurent la première fois à Venise en 1495. La Bibliothèque Royale de Belgique en possède un exemplaire (Incun. 1724).

A la dernière page on lit : " Impressu itaq ; solertia & cura no(n) mediocri Symo(n)is Biuilaque papie(n)sis a(n)no 1495 die 10 junij. Venetijs ".

(4) *Christophori Theophili de Murr memorabilia bibliothecarum pvblicarvm Norimbergensivm et vniversitatis Altorfinæ. Pars I. Cvm VIII Tabulis aeneis. Norimbergæ svmptibvs Iohannis Holschii M. D. CC. LXXXVI* ; pp. 74-205.

Voir sur cette correspondance :

Histoire de l'Astronomie du moyen âge, par M. Delambre. Paris, Courcier, 1819, pp. 344-365.

Cantor, *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik*. 2e édit., t. II. Leipzig, Teubner, 1900 ; pp. 280-289.

original des lettres (1) renferme d'importantes annexes, j'entends les solutions numériques détaillées et les calculs développés des problèmes qui forment l'objet principal de la *Correspondance*. M. Curtze publie ces solutions et ces calculs pour la première fois. C'est un travail du plus haut intérêt, unique en son genre. Il nous donne une série d'applications pratiques sur le livre V du *Traité des Triangles* de Régiomontan (2) et nous montre le grand astronome en pleine possession de l'Algèbre.

Les lettres de Régiomontan et celles de ses correspondants sont toutes en latin. M. Curtze n'a cependant pas cru devoir y ajouter une traduction. Il eût fallu pour cela, dit-il, s'écarter trop du sens littéral, sacrifier la fraîcheur du texte et son originalité tout en s'exposant à n'y répandre qu'assez peu de lumière. J'ajouterai que le latin de Régiomontan n'est pas difficile et que les notes placées au bas des pages par M. Curtze sont bien plus utiles pour éclaircir les passages obscurs que ne l'eût été la meilleure des traductions. J'eusse même désiré y trouver des notes plus nombreuses. On ne lit aisément les calculs numériques de Régiomontan qu'à la condition d'avoir à côté de soi son *Traité des Triangles*. Mais cet ouvrage assez rare est inaccessible aux particuliers et je pourrais nommer des bibliothèques publiques importantes qui ne le possèdent pas. Il eût donc été agréable d'avoir partout en notations modernes les formules trigonométriques qui servent de point de départ aux calculs de Régiomontan, et la chose eût été d'autant mieux de mise que M. Curtze lui-même a parfaitement senti l'opportunité d'une indication de ce genre quand il s'agissait de la résolution des équations.

3° — *Le Traité d'Arpentage de Léonard Mainard de Crémone* (3). L'intérêt de ce *Traité d'Arpentage* provient non pas précisément du rang distingué que Léonard de Crémone, son auteur, aurait tenu parmi les géomètres du xve siècle, mais bien plutôt de ce que ce *Traité* nous fournit un modèle d'un genre d'ouvrages nombreux à cette époque mais dont très peu ont obtenu l'honneur de l'impression.

(1) Il appartient à la Bibliothèque de la Ville de Nüremberg où il est coté : *Msc. Cent. V. No 56 c.*

(2) *Doctissimi viri et mathematicarum disciplinarum eximii professoris Ioannis de Regio monte de Triangulis omnimodis Libri quinque... Norimbergae in aedibus Io. Petri. Anno Christi M. D. XXXIII.*

(3) *Die " Practica Geometriae " des Leonardo Mainardi aus Cremona ;* pp. 337-434.

On ne connaît guère la vie de Léonard. Lui-même date la fin de son travail par les mots " Cumpleta die primo Aprilis 1488 (1) „ qui prouvent qu'il vivait au déclin du xve siècle. Arisio le nomme dans sa *Cremona literata* (2). Une première fois il le qualifie de " insignis astronomus, physicus et mathematicus „; puis quelques lignes plus loin il rapporte ce passage de Jérôme Vida : " fuit, ante Blasium, Leonardus Maynardus, qui suo tempore non tantum inter nostros, sed etiam inter omnes in iis studiis (les mathématiques) tenuit principatum „. On n'en sait pas davantage.

M. Curtze a trouvé trois manuscrits du *Traité d'Arpentage* de Léonard. L'un d'eux est écrit en dialecte vénitien ancien et appartient à la Bibliothèque de l'Université de Goettingue (3). Les deux autres sont en latin et firent jadis partie de la Bibliothèque de feu le prince B. Boncompagni (4).

Il est difficile de décider quelle est la langue originale de l'ouvrage et s'il a été primitivement écrit en latin ou en italien. Quoi qu'il en soit, M. Curtze s'est décidé à publier la version italienne comme la plus correcte des deux. Il y a joint une traduction allemande.

A la suite du *Traité d'Arpentage* de Léonard on trouve, dans le manuscrit de Goettingue, une *Tabula sinuum* dont M. Curtze publie une page en guise d'exemple (5), une *Tabula sollis* (sic) c'est-à-dire une table donnant la longueur de l'arc diurne pour un certain nombre de dates déterminées dans l'année, enfin une série de 44 problèmes de géométrie pratique et de trigonométrie. Ces problèmes écrits de la main qui a transcrit le *Traité* de Léonard, sont d'un dialecte et d'une orthographe trop différents pour qu'on puisse en regarder Léonard comme l'auteur. M. Curtze

(1) P. 414.

(2) *Cremona literata seu in Cremonenses Doctrinis & Literariis Dignitatibus Eminentiores Chronologicæ Adnotationes Auctore Francisco Arisio nobilissimæ patriæ suæ ordinum conservatore. Tomus Primus. Priscorum Temporum Monumenta complectens usque ad Annum Millesimum Quingentesimum Primum... Parmæ M. DCCII. Typis Alberti Pazzoni & Pauli Montii. Superiorum licentia*; p. 347.

(3) Coté : *Codex Philos. 46.*

(4) Ils étaient cotés sous les n°s 302-303 dans le *Catalogo di manoscritti ora posseduti da D. Baldassarre Boncompagni compilato da Enrico Narducci. Seconda Edizione... Roma. Tipografia delle scienze matematiche e fisiche... 1892* (pp. 177 et 178) et sont aujourd'hui la propriété de M. Halle, libraire à Munich.

(5) P. 434.

les attribue à un contemporain de Léonard et les publie en les accompagnant d'une traduction allemande (1).

Parmi ces problèmes celui qui porte le n° 38 (2) donne pour le rapport de la circonférence au diamètre la curieuse formule

$$\pi = \frac{1}{8}\left(3\frac{1}{7} - 3\frac{10}{71}\right) + 3\frac{10}{71},$$

c'est-à-dire, tout calcul fait,

$$\pi = 3{,}14109$$

4° — *L'Algèbre d'Initius* (3). — Qui était cet Initius? On l'ignore. Qui était Ylem auquel Initius dédie son ouvrage? On ne le sait pas davantage. Dans Ylem, M. Curtze croit voir Euclide. C'est possible et on peut l'admettre jusqu'à plus ample information, mais ce n'est pas certain. En quelle langue fut rédigée l'œuvre originale? Encore une fois c'est douteux. Telle qu'elle nous a été conservée, l'algèbre d'Initius se présente sous un aspect étrange. Les titres des chapitres et les énoncés des propositions sont en latin. Les propositions sont ensuite traduites en allemand et accompagnées d'un commentaire, allemand aussi, très développé. Le texte latin est évidemment plus ancien que le texte allemand et le traducteur est doublé d'un commentateur; mais M. Curtze énonce la conjecture très plausible que le texte latin lui-même provient d'une source arabe.

Quoi qu'il en soit, il nous reste quatre manuscrits de l'algèbre d'Initius, l'un à la Bibliothèque de l'Université de Goettingue (4), les trois autres à la Bibliothèque Royale de Dresde (5). Tous les quatre sont en majeure partie écrits en allemand, mais dans des orthographes très différentes. Aucun d'eux n'est une transcription exacte de l'original. Tous les quatre ont tantôt des omissions, tantôt des gloses ajoutées, tantôt des erreurs et des fautes de plume dues aux assonances. Le manuscrit de Goettingue paraît être le meilleur; aussi est-ce celui que M. Curtze s'est décidé à

(1) Pp. 417-433. — Les numéros placés en tête des problèmes ont été ajoutés par M. Curtze.

(2) P. 431.

(3) *Die Algebra des Initius Algebras ad Ylem geometram magistrum suum;* pp 435-609.

(4) *Codex Philos. 30.* C'est celui dont il est question dans les *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik* de Cantor (2e éd., t. II, p. 612).

(5) *Mspt. Dresd. C. 405; Mspt. Dresd. C. 349* et *Mspt. Dresd. C. 8.*

publier. Il en a respecté l'orthographe : il fallait nécessairement faire un choix. Malheureusement ce manuscrit ne contient que les trois premiers livres, tandis que l'ouvrage primitif en avait neuf (1). L'un des manuscrits de Dresde (2) a en outre les énoncés latins de quelques chapitres et de quelques propositions du livre V. Tout le reste est perdu.

Malgré ces lacunes, l'algèbre d'Initius est à tout point de vue remarquable et mérite d'être mise en parallèle avec celles de Stiefel, de Scheubel et de Chuquet. M. Curtze appelle notamment l'attention sur l'étude que l'auteur consacre à la résolution de l'équation

$$ax^{n+2m} + bx^{n+m} = cx^n$$

pour $m = 1, 2, 3, 4$; sur sa théorie des quantités négatives ; sur sa méthode d'extraction approchée des racines par la formule

$$\sqrt[n]{a} = \frac{1}{b}\sqrt[n]{ab^n}$$

dans laquelle b est une puissance de 10 ; sur la formule

$$\sqrt[n]{a^n + b}$$

$$= a + \cfrac{b}{n_1 a^{n-1} + n_2 a^{n-2} + n_3 a^{n-3} + \ldots + n_{n-1} a + 1}$$

déjà signalée par Staigmüller chez Scheubel (3) ; enfin sur son application de la règle appelée par les Chinois Ta-yen (4) aux problèmes d'analyse indéterminée.

(1) Voir la Note p. 450.

(2) Le *Codex Dresd. C. 405.*

(3) *Johannes Scheubel ein deutscher Atgebraiker des XVI Jahrhunderts von H. Staigmüller in Stuttgart*, publié dans le *Festschrift zum siebzigsten Geburtstage Moritz Cantors.* Abhanlungen zur Geschichte der Mathematik. Leipzig, Teubner, 1899, t. IX, p. 465. Dans cette formule $n_1, n_2 \ldots n_{n-1}$ désignent le nombre des combinaisons de n lettres 1 à 1, 2 à 2, ... $(n-1)$ à $(n-1)$. On aurait donc pour $n = 2$

$$\sqrt{a^2 + b} = a + \frac{b}{2a + 1}$$

formule connue des Grecs ; pour $n = 3$, Initius donne :

$$\sqrt[3]{a^3 + b} = a + \frac{b}{3a^2 + 3a + 1} = a + \frac{b}{3a(a+1) + 1}.$$

(4) Voir, sur cette méthode, la note de M. Curtze au bas de la page 553 ainsi que Cantor : *Vorlesungen über Geschichte der Mathematiek*, 2e éd., t. I. Leipzig, Teubner, 1894, p. 643.

Les droits de priorité de Galilée ou de Simon Marius à la découverte des satellites de Jupiter (1). — La Société Hollandaise des Sciences de Harlem mit au concours pour l'année 1900 la question suivante :

" On demande une étude comparée et critique des observations relatives aux satellites de Jupiter, mentionnées dans le *Nuncius Sidereus* de Galilée et le *Mundus Jovialis* de Simon Marius. On désire voir décider jusqu'à quel point l'accusation de plagiat, portée par Galilée contre Marius, peut être considérée comme fondée (2). „

Un seul mémoire fut envoyé en réponse et ne fut pas jugé digne d'être couronné. Mais ce qui rend cette décision intéressante, c'est que les trois commissaires du concours MM. J. A. C. Oudemans à Utrecht, E. F. van de Sande Backhuysen à Leide et J. C. Kapteyn à Groningue déclarèrent dans leur rapport, qu'ayant été amenés à examiner eux-mêmes la question proposée, " ce qui n'avait pas laissé, disent-ils, de leur coûter un long travail „, tous trois aboutirent à cette conclusion identique " que les accusations de Galilée n'avaient aucun fondement sérieux „ (3).

L'illustre éditeur des Œuvres de Galilée, M. Favaro, se fit l'écho de la surprise causée par ce jugement inattendu, en priant les commissaires, par la voie de la Bibliotheca Mathematica (4), de bien vouloir faire connaître les motifs qui les avaient portés à s'exprimer et à juger d'une manière si peu conforme à l'opinion générale. C'est à ce désir que MM. J. A. C. Oudemans et Bosscha viennent de se rendre dans les Archives Néerlandaises des Sciences exactes et naturelles.

Il serait difficile d'imaginer un plaidoyer plus habile que celui des savants défenseurs de Marius, et rarement on a soutenu avec autant de talent et de bonheur une cause que l'on pouvait croire perdue. Je n'ai pas qualité pour prendre position dans le procès ; aussi bien, n'ai-je pas eu le loisir, à l'occasion de ce compte rendu, de relire les Œuvres de Galilée et de me former

(1) *Galilée et Marius*, par J. A. C. Oudemans et J. Bosscha. Archives Néerlandaises des Sciences exactes et naturelles. Série II, t. VIII, pp. 115-189.

(2) Archives Néerlandaises des Sciences exactes et naturelles. Série II, t. IV, p. 2.

(3) *Galilée et Marius*, p. 1.

(4) *Galileo Galilei e Simone Mayr*, di Antonio Favaro a Padova. Bibliotheca Mathematica. III. Folge, II. Band. 1901, pp. 220-223.

une opinion personnelle par l'étude des pièces originales; mais je crois intéressant de donner l'analyse du mémoire de MM. Oudemans et Bosscha.

Les auteurs exposent d'abord avec beaucoup de netteté l'objet du débat :

" Personne, disent-ils, ne contestera que Galilée ait été le premier à faire connaître dans un écrit public les merveilles que la lunette hollandaise fit découvrir dans le ciel étoilé et que de plein droit l'honneur lui en est dû. Ce n'est pas là la question. Il s'agit de savoir si Marius a pu de bonne foi affirmer que l'une de ces merveilles, le système des quatre satellites de Jupiter, a été aperçue et reconnue par lui presque en même temps que par Galilée, et si son *Mundus Jovialis* est un travail sérieux ou bien un emprunt malhonnête (1). "

Énoncée en ces termes la thèse de MM. Oudemans et Bosscha perd, il faut le reconnaître, l'aspect paradoxal qu'elle pouvait paraître présenter de prime abord. Il demeure acquis que c'est Galilée qui le premier a fait connaître dans un écrit public l'existence des satellites de Jupiter. La gloire de cette découverte lui reste tout entière.

Mais d'autre part — et Delambre faisait déjà une remarque analogue à propos de Scheiner et de sa querelle avec Galilée (2) au sujet des taches solaires — si Marius possédait une lunette, ce qui n'est guère douteux, l'idée de la diriger vers le ciel était tellement simple et naturelle, les satellites de Jupiter si aisés à découvrir, que nous ne comprenons plus guère la passion et l'acrimonie avec lesquelles les savants du XVIIe siècle s'accusaient mutuellement de mauvaise foi et de plagiat à l'occasion d'observations aussi faciles. Toutes ces discussions et ces disputes nous laissent froids aujourd'hui et, loin de nous intéresser, nous causent plutôt une impression désagréable.

Voici maintenant les titres des chapitres du mémoire de MM. Oudemans et Bosscha :

I. Introduction. II. État de l'Astronomie en 1609. III. Invention de la lunette. IV. Premières observations de Marius. V. L'accusation de Galilée contre Marius. VI. Analyse du *Mundus Jovialis*. Note I. Vérification de l'exactitude des Tables de Marius. par J. A. C. Oudemans. Note II. Sur le champ de la lunette hollandaise et la méthode micrométrique proposée par Galilée, par

(1) *Galilée et Marius*, p. 3.
(2) *Histoire de l'Astronomie moderne*, t. I. Paris, Courcier, 1821, p. 331.

J. Bosscha. Note III. Les deux éditions du *Mundus Jovialis*, par J. Bosscha (1). Note IV. Calcul des écarts en latitude des satellites de Jupiter à l'époque des observations de Marius, par J. A. C. Oudemans. Note V. Sur une prétendue observation d'un satellite de Jupiter faite par Galilée le 12 janvier 1610, par J. A. C. Oudemans.

Les observations solaires de Scheiner, par le P. Schreiber (2). — L'étude du P. Schreiber est une excellente analyse de la célèbre *Rosa Ursina* (3) de Scheiner, analyse très consciencieuse, très travaillée et remarquable à bien des égards. Mais l'auteur lui aura, je le crains, fait perdre de son utilité par suite d'une idée assez malheureuse qu'il avoue dans la dernière phrase de son travail. " La pagination de la *Rosa Ursina* est souvent fautive, dit-il, et il faut observer que je cite toujours la pagination corrigée. „

Si la pagination de la *Rosa Ursina* était simplement fautive, c'eût peut-être été parfait, mais cette pagination est systématiquement bizarre et fantasque et, en prétendant employer une pagination corrigée, le P. Schreiber n'a malheureusement abouti qu'à rendre ses citations à peu près introuvables. Pour qu'on puisse juger de l'irrégularité de la pagination de la *Rosa Ursina*, voici celle du Livre II. De la page 67 à la page 124 les feuillets

(1) La Bibliothèque Royale de Belgique possède la première édition (V. H. 8363) : *Mundus Iovialis anno M. DC. IX. detectus ope perspicilli belgici, Hoc est, quatuor jovialium planetarum, cum theoria, tum tabulae, propriis observationibus maxime fundatae, ex quibus situs illorum ad Iovem, ad quodvis tempus datum promptissimè & facilimè supputari potest. Inventore & Authore Simone Mario Guntzenhusano, marchionum Brandenburgensium in Franconiâ mathematico, puriorisque Medicinae Studioso. Cum gratia & privil. Sac. Cæs. Majest. Sumptibus & Typis Iohannis Lauri, Civis et Bibliopolae Noribergensis, Anno M. DC. XIV.*

(2) *P. Christoph Scheiner S. J. und seine Sonnenbeobachtungen*, von P. Joh. Schreiber, S. J. Natur und Offenbarung, t. XLVIII. Munster-i. W., 1902.

(3) *Rosa vrsina sive sol ex admirando facvlarvm & Macularum suarum Phaenomeno varivs, necnon Circa centrum suum & axem fixum ab occasu in ortum annua, circaq. alium axem mobilem ab ortu in occasum conuersione quasi menstrua, super polos proprios, Libris quatuor mobilis ostensus, a Christophoro Scheiner germano suevo, e societate Iesv. Ad Pavlvm Iordanvm II. Vrsinum Bracciani dvcem. Bracciani, Apud Andream Phaeum, Typographum Ducalem. Impressio coepta Anno 1626. finita vero 1630. Id. Iunij. Cum licentia Superiorum.* (Bibl. Roy. de Belgique, V. H. 8339.)

sont numérotés au recto et au verso ; puis de la page 125 à la page 148 ils ne le sont plus qu'au recto seul, chaque feuillet de deux pages n'ayant plus qu'un seul numéro. Vient après cela le numéro 149 qui est répété jusqu'à 12 fois de suite au recto seul des feuillets, soit au total 24 pages cotées 149. Ensuite on trouve un folio blanc, suivi de quatre pages non numérotées ; enfin la pagination redevient régulière à la page 151. Ajoutez à cela qu'en éditant la *Rosa Ursina* sous la forme d'un encombrant in-folio, Scheiner suit les traditions déplorables de plusieurs mathématiciens de la Compagnie de Jésus à son époque, et l'on imaginera sans peine combien les recherches y sont désagréables et pénibles.

Mais, cette critique faite, je me hâte de répéter que le P. Schreiber nous a donné un travail excellent, dont voici la nomenclature des divers chapitres.

Introduction. I. Qualités nécessaires à l'observateur. II. Instruments. III. Méthodes d'observation. IV. Matériaux d'observation (1). V. Résultat des observations : *a)* Description des observations ; premières découvertes de la granulation. *b)* Remarques diverses sur les taches ; leur situation par rapport au soleil ; étendue de la zone qu'elles occupent sur la surface solaire ; leur couleur. Les taches sont-elles des cavités ? Structure interne des taches solaires. Croissance et décroissance des taches ; durée de leur existence ; leur mouvement propre. *c)* Remarques sur les facules. *d)* Rotation du soleil. *e)* Idées de Scheiner sur la constitution du soleil.

En lisant l'étude du P. Schreiber on se convaincra de la justesse de cette réflexion de Houzeau, quand parlant de la *Rosa Ursina* dans son *Vade mecum de l'Astronome* (2) il dit : qu'on y trouve " le germe de plusieurs considérations passées aujourd'hui dans la Science à titre définitif „ (3).

(1) *Beobachtungsmaterial*, dit le P. Schreiber, qui sous ce titre consacre ce chapitre à l'énumération des observatoires et des astronomes qui communiquèrent à Scheiner les résultats de leurs recherches.

(2) Bruxelles, 1882 ; p. 420.

(3) Le P. Schreiber s'en tient à l'analyse de la *Rosa Ursina* sans entrer dans les querelles de priorité qu'elle soulève entre les partisans de Galilée, de Scheiner et de Fabricius. Galilée a été trop bien défendu par M. Favaro dans l'*Édition nationale des Œuvres de Galilée* (Florence, 1895, t. V, pp. 9-19) pour qu'il soit nécessaire de transcrire ici les titres des autres articles écrits en sa faveur. A ceux qui voudraient connaître les droits de Scheiner j'indiquerai sa biographie *Christoph Scheiner als Mathematiker, Physiker und Astronom*, Bamberg, 1891, par A. von Braunmühl, qui forme le 24e volume de la Bayerische Bibliothek. Enfin la

Le Journal des Savants par Gaston Paris (1). — On se rappelle la période critique par laquelle le JOURNAL DES SAVANTS vient de passer à la suite du retrait du subside annuel de 25 000 francs, qui lui était attribué par le Ministère de l'Instruction publique. Il semblait que cette décision dût être un arrêt de mort. Fort heureusement l'Institut de France s'est ému de cette situation et, dans sa séance extraordinaire du 5 mars 1902, il a pris officiellement le JOURNAL sous ses auspices, en décidant que désormais il serait dirigé par un comité de cinq membres représentant les cinq Académies. A cette occasion, M. Gaston Paris de l'Académie française nous donne un court mais intéressant récit des vicissitudes de l'existence du JOURNAL depuis sa fondation.

" Au moment où le JOURNAL DES SAVANTS entre dans une ère nouvelle, dit-il, il nous a paru intéressant de retracer brièvement les phases par lesquelles il a passé dans sa longue et glorieuse carrière ; nous dirons ensuite comment nous voudrions que, tout en la renouvelant en certains points, il continuât la tradition plus de deux fois séculaire qui l'a illustré, et se montrât digne de l'honneur que lui a fait l'Institut de France en le prenant sous son patronage. L'histoire du JOURNAL DES SAVANTS n'a jamais été racontée dans ce journal même : elle avait le droit d'y trouver place. Nous nous sommes arrêté plus longuement aux premières périodes, dans lesquelles après plus d'un tâtonnement, le JOURNAL a pris la forme et l'organisation qu'il devait garder jusqu'à ce jour ; nous avons passé plus rapidement sur les époques où il a régulièrement fonctionné et où son histoire externe n'offre pour ainsi dire pas d'événements (2). „

Cantor, dans ses *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik* (3), signale le grand rôle tenu par le JOURNAL DES SAVANTS, dans le développement des mathématiques et des sciences. Son

cause de Fabricius a été plaidée par Gerhard Berthold dans une brochure intitulée : *Der Magister Fabricius und die Sonnenflecken nebst einem Excurse über David Fabricius*, Leipzig, 1894. Berthold y réédite (pp. 29-38) la partie principale du rarissime opuscule *Joh. Fabricii Phrysii de maculis in sole observatis... Witebergae... M. DC. XI*, dont j'ai récemment retrouvé moi-même un exemplaire à la Bibliothèque Royale de Belgique (V. 5012).

(1) *Le Journal des Savants*, par Gaston Boissier. JOURNAL DES SAVANTS. Paris, 1903, pp. 5-34.

(2) P. 5.

(3) 2e édit., t. III. Leipzig, 1901, p. 7.

fondateur Denis de Sallo (1) voulait qu'il fût " l'écho fidèle et complet de la littérature savante en Europe „ et, en détaillant ce programme dans le numéro du 5 janvier 1665, Sallo disait :

" ... En troisième lieu, on fera savoir les expériences de physique et de chimie qui peuvent servir à expliquer les effets de la nature ; les nouvelles découvertes qui se font dans les arts et dans les sciences, comme les machines et les inventions utiles ou curieuses que peuvent fournir les mathématiques, les observations du ciel, celles des météores et ce que l'anatomie pourra trouver de nouveau dans les animaux. „

Non seulement cette partie du programme de Denis de Sallo fut remplie, mais à un moment donné " les sciences mathématiques et physiques, dit M. Gaston Paris, envahirent le Journal au détriment des autres „ (2). On réduisit leur part. Il nous est peut-être permis à nous mathématiciens de le regretter, car les collaborateurs scientifiques du Journal n'étaient rien moins que Leibniz et les Bernoulli.

H. Bosmans, S. J.

GÉOGRAPHIE

—

Le Bas Amazone (3). — M. *Le Cointe* a relevé, avec le plus grand soin, un grand secteur situé au nord de l'*Amazone*, entre *Alemquer* et *Obidos*, le cours inférieur du rio *Trombetas* et de quelques-uns de ses affluents, la plaine qui s'étend entre cette rivière et *Faro*, au nord du rio *Sapucua*, et enfin la partie occi-

(1) " Denis de Sallo, conseiller à la grand'chambre, né en 1626, mort en 1669, serait assurément oublié, dit M. Boissier (p. 6, en note), malgré son mérite, son savoir et les quelques opuscules qu'il a laissés, s'il n'avait eu la belle pensée de fonder le premier journal scientifique et littéraire qui ait existé. „

Une courte notice sur Denis de Sallo a été donnée dans la Revue Scientifique (Revue rose), le 23 septembre 1893, par M. Jacques Boyer, sous le titre : *Denis de Sallo fondateur du " Journal des Sçavans „ et son œuvre ;* pp. 400 et 401.

(2) P. 29.

(3) Par P. Le Cointe. Ann. de Géogr., 1903, pp. 54-66, 1 carte et 5 pl. photogr.

dentale du réseau lacustre englobé sous la dénomination générale de *Lago grande de Villafranca*, et situé sur la rive droite du grand fleuve brésilien.

Cette vaste région située entre 57° et 59° long. ouest appartient à la " région des îles ", qui comprend tout le cours inférieur de l'*Amazone* en amont de *Gurupa*. De ce dernier point jusqu'aux contreforts des *Cordillères*, le fond de la vallée, très étendue et plate, ressemble à une contrée à peine soustraite à l'inondation ; c'est un fouillis inextricable de lacs, de *paranas* (bras latéral du fleuve), de *furos* (canal naturel mettant en communication deux lacs ou deux rivières), d'*igarapis* (petite rivière), et de rios dans lesquels le sens du courant varie. Le lit même du fleuve ne forme pas un cours d'eau unique, aux rives bien marquées. En raison de la faiblesse de la pente, du pied des *Andes* à l'Océan (*Tabatinga*, à plus de 3500 kilomètres de l'embouchure, n'est qu'à 80 mètres d'altitude), l'*Amazone* serpente en longues ondulations et s'étale, subdivisé en deux, trois ou quatre bras principaux par de grandes îles fluviales, sur une largeur qui atteint parfois 25 kilomètres de rive à rive ; cette largeur est de 30 à 50 kilomètres, en mai-juin, lorsque les eaux atteignent leur hauteur maxima.

Le courant est fort rapide, car la masse d'eau qui tombe sur la vaste superficie du bassin ou qui résulte de la fonte des neiges dans les *Cordillères* andines est charriée vers l'océan par un collecteur unique ; la vitesse oscille entre un mille marin (1) et demi à l'heure pendant la saison sèche, et trois milles à l'époque des grandes crues ; elle atteint même quatre milles en face d'*Obidos*, où les rives du cours d'eau principal, éloignées l'une de l'autre de 1892 mètres seulement, forment la " Garganta " ou gorge de l'Amazone.

Il résulte de sondages récents que la profondeur du chenal, entre *Alemquer* et *Obidos*, est de 25 à 45 mètres, et même de 83 à 132 mètres à la " Garganta ". En ce dernier point, où le niveau du fleuve monte de 7 à 8 mètres à l'époque des crues, il passe par minute quatre à douze millions de mètres cubes d'eau.

S'ils facilitent la pénétration dans l'intérieur d'un pays où la voie fluviale, par suite de l'indolence des habitants, est la seule utilisée pour les transports, en revanche les nombreux lacs qui flanquent le cours de l'*Amazone* jouent un rôle important comme régulateurs des crues qui, périodiquement, gonflent le fleuve

(1) 1852 mètres.

d'une façon démesurée. Profitant des canaux permanents ou se frayant un passage au travers de toutes les dépressions des rives, les eaux se précipitent dans ces lacs moins vite gonflés par les pluies locales, et dont le niveau est resté inférieur ; elles s'y étalent et sont ainsi retardées dans leur mouvement ascensionnel. Grâce à cette situation, l'inondation n'a rien de brutal ; les dépôts fertilisants, qu'elle laisse après elle, la rendent même souvent bienfaisante. Quand, en juin, cesse l'arrivée des eaux du bassin supérieur, les lacs, à leur tour, déversent dans le fleuve leur trop-plein et lui maintiennent malgré la sécheresse un niveau moyen.

Nous avons dit plus haut que la vallée de l'*Amazone* était plate : quelques hauteurs éparpillées, de même altitude, et présentant les mêmes couches du terrain tertiaire, émergent : elles indiquent le niveau du sol primitif que les eaux courantes ont raviné et entraîné vers le grand collecteur central. La masse de ces matériaux solides a tapissé le lit du fleuve de nombreuses îles ; elles ont le même aspect que les terres riveraines ; derrière le bourrelet des terres un peu plus élevées créé sur leurs bords par le ressac des eaux, elles présentent toutes à l'intérieur la forme de cuvette, occupée par des lacs et des marécages de même régime que ceux qui courent le long de la puissante artère fluviale.

En revanche, les matières en suspension dans l'eau ne forment pas de delta. A leur arrivée à l'océan, elles sont entraînées avec force vers le nord par le courant équatorial, et vont accroître les terres de la pointe septentrionale de l'embouchure, à l'intérieur desquelles elles pénètrent même avec la marée et comblent de plus en plus les lacs qui couvraient autrefois presque toute la région côtière.

Les terres hautes, qui bordent la vallée amazonienne, paraissent au premier abord couvertes d'une immense forêt ininterrompue ; contrairement à l'opinion généralement admise, il est établi, d'après les dernières explorations de l'intérieur, que la forêt vierge amazonienne présente de nombreuses solutions de continuité. Certes le grand bois couvre toujours les rives du fleuve et de ses tributaires ; mais dans la plupart des régions plus ou moins élevées qui séparent les bassins des principaux affluents, semblent s'étendre de grandes savanes dont la superficie totale pourrait bien ne pas être du tout négligeable. Dans ces savanes sillonnées de nombreuses collines presque dénudées, de vastes plateaux offrent à la vue d'excellents pâturages semés d'arbres

rabougris. Il n'est pas impossible qu'une ligne presque continue de pâturages s'étende, en face d'*Obidos*, au nord de la forêt, large de 90 kilomètres, qui court le long de la rive gauche de l'*Amazone* : en ce cas, aucun obstacle sérieux ne s'opposerait plus à la pénétration du pays jusqu'aux frontières des *Guyanes*.

Dans cette vallée marécageuse qu'est l'*Amazone*, quelques pointes de terre seulement s'approchent de ses rives et ont offert une altitude suffisante, dans une situation d'accès facile aux grandes embarcations, pour permettre l'édification de bourgades, centres de commerce et ports d'embarquement des produits naturels exploités dans toute la région ; telles sont les villes d'*Alemquer*, d'*Obidos* (1500 habitants fixes), *Oriximina*, *Faro* et *Juruty* (500 habitants).

Entre ces villes, le long des paranas, des cours d'eau navigables, et des rives des lacs, s'égrènent les *fazendas* ou habitations des éleveurs de bétail, ou celles des planteurs de cacao, les premières plus nombreuses dans la région des dépressions lacustres, les secondes échelonnées surtout sur les deux bords du fleuve ; ceux-ci sont plantés presque sans interruption de cacaoyers sur une profondeur variant de 50 à 200 mètres.

Il est résulté de la recherche exclusive des produits naturels, et surtout du caoutchouc, un double résultat fort fâcheux : la main-d'œuvre nécessaire pour les travaux de culture, qui constituèrent pourtant la vraie richesse du pays, devient de plus en plus rare ; et d'autre part il s'est rassemblé dans l'*Amazone* une population nomade, sans foi ni loi, de *seringueiro* (1) ou de *regatão* (2), véritables parasites du pays ; ils vivent dans la contrée sans y faire aucune amélioration permanente et ont su donner à une région absolument neuve, où tout est à faire, l'aspect d'un pays déjà vieux, presque en pleine décadence.

Le port de Strasbourg (3). — Grâce à la construction des canaux du *Rhône* et de la *Marne* au *Rhin*, *Strasbourg* avait pris, comme toute l'Alsace d'ailleurs, un magnifique essor industriel ; ces voies transportaient à 0,015 fr. par tonne et par kilomètre, des marchandises qui payaient encore à l'époque 0,04 fr. ou 0,05 fr. par chemin de fer. La guerre franco-allemande a commencé pour cette ville une histoire économique nouvelle.

(1) Ouvrier exploitant le caoutchouc.
(2) Commerçant ambulant.
(3) Par Paul Léon. Ann. de Géogr., 1903, pp. 67-72.

Détachée de la France, elle s'efforça de devenir une ville rhénane, donc de s'assurer la possession des avantages que lui donne sa position géographique. D'accord avec les États riverains, elle songea à aménager le *Rhin* supérieur qui n'est pas régularisé en amont de *Mannheim*. Et tout d'abord on se demanda si le fleuve, même avec sa hauteur d'eau normale, était réellement inaccessible. Après avoir étudié les variations du débit, on dut reconnaître qu'aucun effort sérieux n'avait été fait pour adapter la navigation aux conditions du régime, et que sur le *Rhin*, comme sur le *Rhône*, l'absence du trafic tenait moins à l'insuffisance de la voie qu'à celle de l'exploitation. Deux obstacles entravaient la navigation : le manque de profondeur et la force du courant. Il a suffi de quelques travaux de dragage peu coûteux pour assurer aux chalands un tirant minimum de $1^{m},50$ pendant une période de quatre à huit mois. La force du courant, à laquelle il faut ajouter les gros frais de pilotage (130 marcs), pour le voyage de *Mannheim* à *Strasbourg* (132 kilomètres), fut aisément vaincue. Le commerce strasbourgeois créa une compagnie locale de navigation qui, effectuant directement le trajet de *Rotterdam* à *Strasbourg* (714 kilomètres) avec allègement rapide à *Mannheim*, apporta au prix et à la durée des voyages de notables réductions.

Il ne suffisait pas toutefois d'accroître la profondeur du fleuve, et d'assurer des services réguliers et rapides ; il fallait avant tout aménager un port. Si les marchandises n'arrivaient pas à *Strasbourg*, c'est qu'elles ne pouvaient pas y être déchargées et réexpédiées. L'exemple des autres villes rhénanes avait montré que le port fait naître le trafic ; aussi *Strasbourg* consacra-t-il plus de six millions à la construction de bassins fluviaux, qui se déplacèrent par étapes vers le *Rhin* ; ils ne firent pas seulement sortir de terre un centre industriel, première ébauche d'un nouveau *Mannheim*, mais ils transformèrent le commerce de *Strasbourg*. Cette ville, dont le rôle comme port de navigation intérieure était presque nul et le trafic par canaux de 50 000 tonnes seulement, a brusquement pris place parmi les grands marchés du Rhin. En 1901, son tonnage (932 000 t.) dépasse celui de *Mayence*, de *Cologne*, de *Dusseldorf*. La presque totalité du trafic (90 %) appartient aux nouveaux bassins.

Le commerce fluvial de *Strasbourg*, comme celui de la plupart des ports rhénans, est très simple à définir. Il est constitué presque exclusivement par des arrivages. Ce sont les houilles de la *Ruhr* qui représentent le tonnage le plus important

(346 000 t.) ; c'est donc surtout comme port charbonnier que s'est développé *Strasbourg*. A mesure que s'améliore la navigation du *Rhin* supérieur, les houilles westphaliennes pénètrent plus avant dans l'Europe centrale, refoulant celles de la Belgique et de la *Sarre*, tout comme en France l'amélioration des canaux du centre restreint le domaine des charbons de *Saint-Étienne* au profit de ceux du Nord. Pour faire équilibre aux produits importés, *Strasbourg* n'a que 20 000 tonnes de marchandises à expédier vers l'aval ; cette insignifiance des frets de retour est commune à tous les ports rhénans.

Le trafic des bassins fluviaux est complété par celui des canaux (270 000 t.). Vers le canal de la *Marne* au *Rhin* le tonnage (110 000 t.) est surtout formé par les arrivages des houilles de la *Sarre* (48 000 t.), des céréales d'Alsace, etc. Vers le canal du *Rhône* au *Rhin*, le mouvement (159 000 t.) est produit par le transbordement des charbons de la *Ruhr* (122 000 t.) et des pétroles de *Rotterdam* (13 000 t.).

Les beaux résultats que nous venons de noter pourront-ils être dépassés ? Le *Rhin*, dans son cours inférieur, est une voie de transport singulièrement précaire. La durée incertaine des hautes eaux paralyse les transactions ; l'industrie ne peut s'approvisionner à échéance fixe ; l'étiage surprend les chalands en route et les oblige à alléger ou à décharger à *Mannheim* ; les avantages du fret par eau sont annihilés, et la lutte demeure inégale avec les ports concurrents, où toute l'année les chalands peuvent remonter à pleine charge. L'avenir de *Strasbourg* semble donc lié à la régularisation du *Rhin*. Or est-elle proche ? Nous avons peine à le croire. Le jour où elle sera un fait accompli, *Strasbourg*, se trouvant au point terminus de la navigation rhénane, deviendrait le grand port de transbordement, expédiant par chemin de fer vers l'Europe centrale les marchandises provenant de la voie fluviale. Cette situation de port d'échange est la raison d'être de *Mannheim*, dont la prospérité assure celle du grand-duché de Bade. Est-il possible que l'État badois se prive bénévolement d'une grosse source de revenus en faveur de *Strasbourg* ? Poser la question, c'est la résoudre.

Côte d'Ivoire et Libéria (1). — M. le capitaine *d'Ollone* précise avec le plus grand soin les connaissances qu'on possède

(1) Par le cap. d'Ollone. Ann. de Géogr. 1903, pp. 130-144 et 4 croquis; p. 260 et 1 croquis.

actuellement sur la géographie de la *Côte de Guinée*, c'est-à-dire le *Libéria* et les territoires de la *Côte d'Ivoire*.

Et tout d'abord que faut-il penser des fameux *Monts de Kong* ? On savait qu'une impénétrable forêt, tracée par l'explorateur jusqu'au nord de *Nzo*, par 8° 10' latitude et qui est l'accident du sol le plus important dans ce pays, était presque collée au rivage du *Golfe de Guinée*, et que les tribus farouches qui habitent cette forêt avaient arrêté toute tentative de pénétration par le sud. D'autre part il était de science certaine que les races qui formaient l'empire de *Samory*, enclavé dans la bouche du *Niger*, n'avaient aucun rapport avec celles du sud, qu'elles ignoraient absolument. On avait conclu d'une ignorance si profonde que des obstacles naturels invincibles, une énorme chaîne de montagnes, les *Monts de Kong*, séparaient la côte de l'intérieur ; cette côte était par le fait dépourvue d'hinterland et sillonnée par des cours d'eau insignifiants, dépourvus de toute valeur.

Grâce à l'expédition du lieutenant *Binger*, parti de *Bammako* pour gagner le *Golfe de Guinée* par *Sikasso* et *Kong*, on eut la certitude que les *Monts de Kong*, tels qu'on les comprenait, n'existaient pas, que le centre de la bouche du *Niger* est un vaste plateau, de 700 mètres environ d'altitude, aux pentes indécises et donnant naissance à un système hydrographique fort confus, où avaient leurs sources divers fleuves côtiers appelés à devenir des voies de pénétration : *Bandama*, *Comoë*, *Volta*. On eut tort toutefois de ne plus admettre l'existence d'aucune montagne dans ces régions ; il résulte des découvertes les plus récentes que les *Monts de Kong* existent réellement, et qu'ils forment un imposant massif, dont les principales crêtes sont situées dans le bassin du *Cavally*. Ce massif ne constitue pas une barrière continue dans l'arrière-pays de la côte guinéenne ; il s'arrête à l'est à la *Sassandra*, et peut-être même au *Bandama Rouge*. Somme toute, la côte à l'ouest de *Fresco*, qu'on croyait plate et basse, est bordée de collines et de roches, et très découpée ; ces collines s'élèvent progressivement vers l'intérieur et deviennent de véritables montagnes, qui pourraient bien former plusieurs lignes parallèles à la mer ; des crêtes de granite se dressent à pic à des hauteurs inconnues jusqu'ici en Afrique occidentale (2000 et même 3000 mètres d'altitude, avec 1300 mètres de hauteur relative). Les monts *Goyfé*, qui se prolongent, à l'altitude de 1000 mètres, entre le *Dion* et le *Milo*, affluents du Niger, prouvent que le *Soudan* n'est pas la plaine monotone qu'on se figure généralement.

Les explorateurs français n'ont pas seulement établi combien le relief du terrain est mouvementé ; ils ont aussi levé le voile qui cachait l'hydrographie du pays. Aucun cours d'eau important ne subsiste qui n'ait été identifié ; tous contribuent à former quatre grands fleuves, *Comoë*, *Bandama*, *Sassandra*, *Cavally*, qui ont été déterminés, de leur embouchure à leurs sources. Pour quelques-uns il faut malheureusement compter avec la barre ; elle arrête les cours d'eau au moment où ils vont se jeter dans la mer, les refoule vers l'intérieur, où se forment les lagunes, et occasionne des dépôts de sable et de limon, qui obstruent et rétrécissent considérablement l'embouchure.

Malgré les précieuses découvertes faites jusqu'à ce jour, il faut cependant reconnaître que toute la contrée à l'ouest du *Bandama* est scientifiquement inconnue. On peut objecter que sur les cartes de la République de Libéria on trouve des villes, des rivières, des montagnes, voire même des divisions administratives. Mais ces renseignements sont dus à un nègre libérien, *Anderson*, dont le récit de voyage, comportant un itinéraire de *Monrovia* à *Mussardu (Moussadougou)*, a été publié à New-York, en 1870, par la *Smithsonian Institution*. Or ce récit, M. le capitaine *d'Ollone* le montre clairement, présente des invraisemblances de temps et de lieux frappantes, est matériellement faux et doit être par ce fait relégué au rang des fables. La géographie du Libéria est donc presque entièrement à refaire et il convient de manier avec prudence l'opuscule consacré, il y a quelques années, à cette république, par le lieutenant général *Wauwermans*.

Trois ans d'exploration en Asie centrale (1). — Nous avons rendu compte en son temps du voyage entrepris de 1894 à 1897 par le Dr *Sven Hedin*, en Asie centrale. Sa nouvelle exploration, qui représente un itinéraire de 10 500 kilomètres, dont les neuf dixièmes ont été parcourus en pays inconnu, n'embrasse pas moins de trois ans de pénibles recherches (1899-1902) au Thibet et dans le bassin du *Tarim*. L'explorateur suédois quitta *Stockholm* le 24 juin 1899 et *Kachgar* le 5 septembre de la même année. Mais ce n'est qu'à *Laïlik* (17 décembre 1899), sur le *Yarkand-Daria*, en aval d'*Yarkand*, que commença l'exploration propre-

(1) Par le Dr Sven Hedin. THE GEOGR. JOURN., 1903, t. XXI, pp. 221-260, une carte et dix photographies ; LA GÉOGR., 1902, t. VI, pp. 67-74 et une carte.

ment dite. On s'abandonna au courant de la rivière, s'engageant sous les galeries formées par la forêt, et on releva avec le plus grand soin son cours très sinueux et assez encombré d'obstacles ; les premiers jours, le débit fut de 3355 pieds cubes par seconde. L'apport des eaux de l'*Ak-su* augmente sérieusement la vitesse du courant, qui atteint trois milles et trois quarts à l'heure. Le 7 décembre on arriva, en longeant des dunes de sable de 350 pieds de hauteur à *Yanghi-Koll*, où l'on hiverna et où les eaux accusèrent, le 8 mai 1900, en raison de la fonte des glaces, un débit de 3400 pieds cubes par seconde.

Du 20 décembre 1899 au 24 février 1900, *Sven Hedin* s'engagea avec une petite caravane dans le *Takla-Makan* ; c'est le désert le plus épouvantable qui se puisse rencontrer, tout formé de dunes de 300 à 400 pieds de hauteur, séparées par de larges zones dépourvues de sable et où tous ses compagnons, sauf un, avaient péri, au cours de son précédent voyage. L'itinéraire comporta 400 milles.

Sans se donner un long repos l'explorateur suédois se mit en route, le 5 mars, pour aller explorer le *Koum-daria*, aujourd'hui desséché, mais qui apportait jadis à l'ancien lac *Lob-Nor* les eaux du *Tarim* ; puis il se dirigea sur le *Kara-Kochoum*, le *Lob-Nor* de *Prejevalsky* ; il releva les divers lacs que le fleuve alimente et où il se perd, et trouva pour plusieurs trente pieds de profondeur ; un de ces lacs, le *Karnmalik*, reçoit en vingt-quatre heures 300 000 pieds cubes d'eau. Rentré à *Yanghi-Koll* le 8 mai 1900, *Sven Hedin* se dirigea bientôt vers le sud, et arriva, après avoir traversé les chaînes parallèles de l'*Altyn* ou *Ustug-Tagh*, à *Mandarlik*, où se trouvent les derniers témoins d'une ancienne route mongole. Le 20 juillet la caravane quitta *Mandarlik*, situé dans le *Tchimen-Tagh (Akato-Tagh)*, pour s'enfoncer dans le *Thibet* oriental ; elle dut traverser les chaînes parallèles de la *Kalta-Alagan* et les quatre chaînes parallèles que forme l'*Aka-Tagh*. Après avoir rencontré le *Koum-Koll*, lac d'eau douce, profond de 75 1/2 pieds, *Hedin* pénétra dans la grande vallée longitudinale qu'il avait traversée en 1896 et dont le fond dépasse l'altitude du *Mont-Blanc* de 300 pieds, et il rentra à *Temirlik* (non loin de *Mandarlik*), le 20 octobre 1900.

Un nouveau voyage fut entrepris, avec *Temirlik* comme base, le 12 décembre 1900. On marcha vers l'est, et l'on traversa du sud au nord, pendant vingt-deux jours, et avec arrêt à la source du *Tograk-Kuduk*, le désert de *Gobi* ou de *Shamo*, à l'ouest de *Sachau* ; puis on se dirigea sur le *Lob-Nor*, non loin duquel on

découvrit, sous plusieurs pieds de sable, des ruines de quatre villages, et des manuscrits chinois très intéressants, datant du IIIe et du IVe siècles de notre ère. Ces ruines jalonnent une grande route orientée N.N.W. — S.S.E. et joignant le *Lob-Nor* à *Sachau*, par le désert de *Gobi*. Quant aux documents, ils établissent que l'agriculture était en honneur, il y a quinze siècles, dans un pays où de nos jours l'on ne rencontre pas la trace d'une source. D'où *Sven Hedin* conclut que le système des saignées, qui a été en usage dans le *Turkestan* oriental pour l'irrigation des terres, a dû être pratiqué également dans le bassin du *Tarim*.

De l'ancien *Lob-Nor*, vers lequel il empiète et dont l'altitude le surpasse de sept pieds, on marcha sur le lac *Kara-Koshun*. Après un repos d'un mois on se remit en route sur deux colonnes, qui se réunirent au lac *Koum-Koll*, pour gravir le plateau du *Thibet*. On escalada l'*Arka-Tagh*, une des plus hautes chaînes montagneuses du monde, dont l'accès était rendu difficile par un terrain très tourmenté ; cette chaîne, comme toutes celles de cette partie de l'Asie, est constituée par des rangées parallèles de direction est-ouest.

Le 27 juillet 1901, à hauteur des *Monts Danglas*, *Sven Hedin* se dirigea avec une petite caravane vers *Lhassa*. Après un parcours de 180 milles, il dut retourner sur ses pas et rejoignit le camp le 20 août 1901. Il prit la direction de l'ouest, et arriva à *Leh*, le 20 décembre 1901, d'où il se rendit à *Raval-Pindi*, à une invitation de lord *Curzon*, vice-gouverneur des Indes.

Revenu à *Leh*, il se remit en route le 5 avril 1902, et s'en vint, le 14 mai 1902, à *Kachgar*, où il dispersa sa caravane.

Le câble transpacifique anglais. — Des pourparlers ont été engagés plusieurs fois à partir de 1874 pour relier par un câble les deux rives opposées de l'*océan Pacifique*, ou mieux l'*Australie* à la *Colombie britannique*. En 1901 un accord s'est fait entre la *Telegraph Construction and Maintenance Company*, et le *Colonial Office*, le *Canada*, et les Gouvernements de *Victoria*, de *Queensland*, de la *Nouvelle-Zélande* et de la *Nouvelle-Galles du Sud*. Le câble, dont la pose a été achevée le 31 octobre 1902, et dont la longueur totale est de 13 235 kilomètres et le coût de 50 millions de francs environ, part de l'île *Van Couver*, et atterrit à diverses possessions anglaises : île *Fanning*, distante de 5845 kilomètres ; îles *Fidji*, situées 5490 kilomètres plus loin ; île *Norfolk*, éloignée des *Fidji* de 1630 kilomètres. A *Norfolk* le câble bifurque et finit à la *Nou-*

velle-Zélande (800 kilomètres) d'une part et à *Sydney* (1450 kilomètres) d'autre part.

S'il a une importance particulière pour l'*Angleterre*, puisqu'il est relié au câble venant de *Singapour* et qu'il ferme le réseau des câbles exclusivement britanniques, qui enserrent le globe, en revanche il dote le *Grand Océan* d'un moyen de communications rapides, à l'instar de l'*océan Atlantique*, qui est sillonné par treize lignes télégraphiques sous-marines ; il fait sortir par le fait de leur demi-isolement les États et les grands marchés de la côte ouest-américaine, et permettra, surtout aux *États-Unis d'Amérique*, d'exercer dans le *Pacifique* et notamment en *Extrême-Orient*, le grand rôle politique et social que leur assure une admirable situation géographique. Ces *États* auront d'ailleurs bientôt un câble qui reliera *San Francisco* aux *Philippines* et à la *Chine*.

Les rivières Chitral et Gilgit (Indes anglaises) (1). — On supposait jusqu'à ce jour que le lac *Karumbar (Zhoe Sar*, en termes indigènes) était la source commune du *Yarkhun*, principal affluent du *Chitral*, dont la direction est est-ouest, et du *Karumbar*, tributaire du *Gilgit*, qui coule vers l'est. Cette notion est inexacte, comme il résulte de la récente exploration du major *G. Leslie, R. E.* Le lac n'est qu'un accident dans le cours du *Karumbar*, et non sa source ; ainsi en est-il de quantité de fleuves : *Rhin, Danube*, etc. Le *Karumbar*, ou mieux le tributaire majeur du lac *Karumbar*, sort d'un glacier, placé à califourchon sur la crête formant la ligne de partage entre les bassins du *Karumbar* et du *Yarkhun* et qui est la véritable origine de ces deux cours d'eau.

Les voies ferrées en Afrique. — Les nations européennes cherchent à s'assurer des débouchés en Afrique et à s'emparer des marchés de l'intérieur. C'est l'Afrique naissant à la vie économique et répandant en Europe les richesses du sol et du sous-sol. En l'absence de cours d'eau ou en raison des obstacles qu'ils opposent à la pénétration, il a fallu escalader les pentes par des voies ferrées, qui sont comme autant de vrilles s'enfonçant au cœur du continent.

Nous n'avons pas à détailler le réseau sud-africain, ni les voies algériennes et tunisiennes ; cela est suffisamment connu. Disons toutefois, en ce qui concerne la voie ferrée *Cap-Caire*, que le

(1) The Geogr. Journ., 1903, t. XXII, pp. 328-329 et 1 croquis.

rail atteint le kilomètre 267, au delà de *Buluwayo*, et qu'il sera probablement conduit le long de la rive ouest du *Nyassa* pour aboutir à la pointe sud du *Tanganika* et de là, par territoire allemand, à un port méridional du *Victoria Nyanza*. Au nord de ce dernier lac, la ligne sera amorcée à *Port Florence*, traversera l'*Abyssinie* et rejoindra, à *Khartoum*, la voie qui est achevée depuis quelques années jusqu'au *Caire*, sauf une solution de continuité entre *Assouan* (1re cataracte) et *Ouadi Halfa* (2e cataracte). Sur cette grande artère latitudinale viendront se raccorder les deux lignes *Atbara-Suakim* et *El Obéid-Nil* qui sont projetées ; le chemin de fer de l'*Uganda* qui relie le lac *Victoria* à la côte de l'*océan Indien* — il fonctionne régulièrement, mais les recettes laissent pour douze mois (1er avril 1902 — 31 mars 1903) un déficit de 49 690 livres sterling ; peut-être le chemin de fer de *Djibouti* à *Addis-Ababa*, qui aura un développement de 725 kilomètres environ et dont la première section, longue de 308 kilomètres *(Djibouti-Addis Harrar)*, est en exploitation et sera prolongée, dans un délai de cinq ans, jusqu'à la capitale de l'empire éthiopien ; un *Centralbahn* allant de *Tabora* au *Tanganika* et au lac *Victoria* (environs d'*Usambiro*) d'un côté, et d'autre part à *Mpapwa* et à *Mngoro*, pour bifurquer d'ici vers *Bagamoyo* et *Dar es Salam* (Afrique orientale allemande) ; plus vers le sud, la voie ferrée *Lourenço-Marquez* à *Komati Poort* et à *Prétoria*, qu'il est même question de raccourcir d'une soixante de milles (le port portugais ne se trouve qu'à 593 kilomètres de *Prétoria* : il a donc un avantage de 235 kilomètres sur *Durban*, de 1115 kilomètres sur *East London* et de 1673 kilomètres sur le *Cap*) et enfin la ligne de *Beira* à *New-Umbali* (328 kilomètres) et à *Salisbury* (602 kilomètres) qui traverse le *Mozambique*, et l'embranchement *Buluwayo-Wankie-chutes Victoria* (Zambèze). Cet embranchement, destiné à desservir le riche bassin houiller de *Wankie*, sera peut-être poussé, à 600 kilomètres au nord du *Zambèze*, vers les gisements de cuivre du *Katanga*, qui ne trouvent guère, paraît-il, leur équivalent en un autre point du globe ; d'autre part il n'est pas impossible qu'il soit relié à une ligne amorcée à *Great Fish Bay* (côte de l'Atlantique) dont il sera question plus loin. Grâce à ces diverses voies, le rail s'étalera sur plus de 6000 kilomètres, à partir de *Beira*, qui est distant du *Cap* de 3500 kilomètres, et qui pourra devenir le débouché d'une région de près d'un million de kilomètres carrés.

En Algérie, la ligne d'*Aïn-Sefra*, qui passe par *Duveyrier*, est en exploitation jusqu'à *Beni Ounif*, près de *Figuig*, que le

traité de 1845, passé avec le *Maroc*, défend à la France d'occuper. Il est question de prolonger ce chemin de fer jusqu'à *Igli*, ancien poste d'occupation dans le Sud-Algérien, remplacé par *Beni-Abbès*, de situation plus favorable. La situation économique du pays en sera bouleversée ; les importations de *Figuig* et du *Tafilelt* même cesseront sans doute d'être tributaires de *Fez* et de *Melilla*, et dépendront d'*Arzeu* et d'*Aïn-Sefra*. Les voies ferrées tunisiennes vont être complétées par un nouveau réseau d'un développement de 425 kilomètres, soit une dépense de quarante millions environ. Ce réseau, formé presque entièrement de lignes de pénétration, est destiné à faire face à l'essor minier très marqué en *Tunisie* ; au début, il trouvera sa rémunération dans l'exploitation des phosphates qui constitueront ainsi, pour le moment, avec l'agriculture, le champ de la colonisation. Grâce aux phosphates, les régions du sud, arides, ont été dotées de voies ferrées avant les régions centrale et septentrionale, pourtant assurées d'un avenir agricole beaucoup plus grand : la ligne *Sfax-Gafsa* a été poussée en 1898 jusqu'aux abords des oasis du *Djerid*, en pleine région des *Chotts*, alors que les hautes plaines de la *Tunisie* centrale restaient vides de colons, parce qu'elles n'étaient desservies que par la vieille ligne *Tunis-Ghardimaou*, et que le chemin de fer ne dépassait pas à l'intérieur *Pont du Fahs* et *Kairouan*. D'après le nouveau projet la ligne *Pont du Fahs* sera dirigée, à travers le massif de *Mactar*, vraie région centrale du protectorat, sur *Kalâat-es-Senam*, avec embranchement sur le *Kef*, soit une longueur de 218 kilomètres ; la ligne de *Kairouan* sera poussée sur *Sbiba*, *Thala* et la plaine du *Foussana* (120 kilomètres) ; son intérêt géographique est de suivre à peu près la limite du territoire cultivable et de la steppe ; enfin la ligne du *Nefza* ouvrira la région presque inabordable, faute de port, de la côte *Khroumir*, permettra de mettre en valeur la verte vallée de l'*Oued Sedjenane* et assurera avant tout l'exploitation des riches gisements de fer du *Nefza*. Ces minerais joueront un rôle important dans le commerce de *Bizerte*, car ils fourniront du fret de retour aux navires charbonniers ; dès lors cette ligne assure l'avenir du port de *Bizerte* comme station de charbon. *Bizerte*, qui est place de guerre et en passe de devenir, avec *Ferryville*, foyer très intense de colonisation et de commerce, se trouve ainsi dédommagée de n'avoir pas su l'emporter sur *Tunis* comme point d'aboutissement de la ligne de *Kalâat-es-Senam*. Enfin un tronçon stratégique reliera la ligne du *Nefza* et *Bizerte* au tronc de la *Medjerda* et à l'*Algérie* (76 kilomètres),

et une liaison sera faite entre le réseau de la *Tunisie* du Nord et la ligne de *Sfax-Gafsa*, par *Sousse-El Djem Sfax ;* plus tard une liaison nouvelle pourra être assurée avec l'*Algérie* par la ligne de *Tébessa*. Lorsque ces travaux seront terminés, la *Tunisie* aura un réseau ferré complet et cohérent de 1350 kilomètres (1).

Convaincus que l'Afrique occidentale française *(Sénégal-Soudan-Côte d'Ivoire-Dahomey)* ne vaut que par ses régions intérieures " fertiles comme l'Inde ", d'après le général *Faidherbe*, les Français s'efforcent d'arriver au *Niger* par deux importantes voies ferrées : celle du *Dahomey*, en exploitation sur 102 kilomètres et qui ne tardera pas à être poussée jusqu'au grand fleuve soudanais, et celle du *Sénégal (Kayes)* au *Niger (Koulicoro*, en aval des rapides de *Bammako* et en tête du bief de *Tombouctou)*, dont la construction, beaucoup trop lente pendant des années, est activée maintenant avec décision ; 334 kilomètres sont exploités sur les 560 kilomètres que doit comporter la ligne. D'autre part les conditions de navigabilité du *Sénégal*, entre *Kayes* et *Saint-Louis*, ne paraissent ni assez sûres, ni assez régulières pour assurer le développement du trafic et de la mise en valeur du *Sénégal* et du *Soudan ;* le fleuve, en effet, dont le cours est très sinueux, et dont les berges se sont écroulées par suite du déboisement et ont besoin d'être raffermies, ne rend son maximum de services que dans la saison de l'année la moins favorable aux affaires, c'est-à-dire à l'époque des grandes pluies et des tornades ; sur la proposition du gouverneur de la colonie, le Gouvernement de la métropole a résolu de remplacer la section ci-dessus visée du *Sénégal*, ou mieux de la doubler, par un chemin de fer allant de *Kayes* à *Thiès*, situé sur le petit tronçon ferré *Dakar-Saint-Louis*.

Si le rail permet dans une large mesure de se passer du *Sénégal* et fait de la ligne *Kayes-Niger* une conception rationnelle et susceptible de succès ; s'il assure la prééminence décisive, au point de vue économique comme au point de vue politique, du port naturel de *Dakar*, qui passe à juste titre pour la plus belle position maritime de cette partie du littoral et que de gros travaux, estimés à dix millions de francs, vont transformer en un important port de commerce et en un grand port militaire ; si le rail, disons-nous, a tous ces avantages, il aura aussi, avec la voie amorcée au *Dahomey*, celui de doter l'Afrique occidentale française d'une immense ligne de communication

(1) Bulletin du Comité de l'Afrique française, 1902, p. 147.

ininterrompue, d'une extrême importance commerciale, agricole, industrielle et militaire. Cette ligne, tout entière située dans les possessions françaises, aboutirait par ses deux extrémités à deux bons ports maritimes : *Dakar* à l'ouest, *Kotonou* à l'est. D'après la DÉPÊCHE COLONIALE, la longueur serait de 3900 kilomètres environ, soit :

De *Dakar* à *Kayes*, voie ferrée	820	kilomètres
De *Kayes* à *Koulicoro*, voie ferrée	560	„
De *Koulicoro* à *Tombouctou*, *Niger* navigable	820	„
De *Tombouctou* à *Karimana*, „ „	1000	„
De *Karimana* à *Kotonou*, voie ferrée du *Dahomey*	700	„
	3900	„

A côté des grands réseaux de l'*Afrique du Sud*, de l'*Algérie-Tunisie* et de l'*Afrique occidentale française*, il faut placer les voies ferrées de l'*État Indépendant du Congo*. Si nous négligeons la ligne du *Mayombe* et le chemin de fer des cataractes, qui a fait ses preuves, d'autres réseaux sont en construction ou à l'étude. Un tracé de 1200 kilomètres a été relevé pour conduire le rail des *Stanley-Falls* à *Mahagi*, port congolais du *lac Albert*. D'autre part un chemin de fer de 120 kilomètres de développement doit relier, par la rive gauche, le *Congo* navigable en aval des *Stanley-Falls* au bief navigable, long de 350 kilomètres, situé en amont de ces chutes, tandis qu'on reliera aussi par un chemin de fer le bief navigable en aval des rapides de *Zendwe* au bief navigable du *Lualaba*, en amont des *Portes d'enfer*. Enfin des lignes sont mises à l'étude pour relier le *Tanganika* au *Congo*, dans la direction de *Nyangoué*, et pour évacuer les richesses minières du *Katanga*, d'une part vers le bief navigable du *Kamolondo (Lualaba)*, et d'autre part directement sur le *Stanley-Pool*. La société, qui fait étudier ce dernier tracé, a aussi pour objet la construction d'une ligne de l'*Itimbiri* navigable à l'*Uellé* (frontière française).

En dehors des grands réseaux, que nous venons de détailler, il ne reste plus à mentionner que des lignes de moindre développement, ce qui ne veut pas dire d'importance secondaire.

Le chemin de fer de la *Guinée française* se prolonge déjà à 150 kilomètres de la côte, tandis que la construction d'une voie ferrée vient d'être autorisée à la *Côte d'Ivoire* entre *Abidjean* et *Ery Macouguié* (79 kilomètres) ; la ligne de la *Guinée anglaise* ou de *Sierra Leone* gravit les premiers plateaux de

l'intérieur. Chez les *Achantis (Côte d'Or)*, les trains roulent jusqu'à *Kumasie* à 180 milles (290 kilomètres environ) de la côte, point terminus de la ligne. Le *Togoland* ne tardera pas à être doté de plusieurs voies ferrées. *Lome*, sur la côte, sera relié à *Petit Popo*, par une petite ligne côtière, tandis que les études se poursuivent pour joindre le même centre à *Misahohe* et à *Palime* d'un côté et à *Atakpane* d'un autre côté. Le rail qui court de *Victoria* aux plantations des monts *Kameroun* ne s'établit pas sans grandes difficultés : les pentes et courbes sont fortes. Le Gouvernement allemand vient aussi d'accorder la concession d'une ligne de 400 kilomètres qu'il est question de pousser de la côte jusqu'au lac *Tchad*, distant de 1000 kilomètres. On travaille avec trop peu d'activité au chemin de fer de *St-Paul de Loanda* à *Ambaca* (300 kilomètres) et à la *Lucalla* (363 kilomètres) ; un gisement de cuivre, qui a été trouvé le long de la voie à *Zenza do Itombe* à 189 kilomètres de la côte, aura une heureuse influence sur le trafic et peut-être sur l'extension de la ligne. Une autre voie est amorcée dans l'*Angola* ; elle a pour point de départ *Lobito* et va être dirigée vers le pays des *Barotsé*, par *Benguela*. Les Allemands ont poussé avec vigueur la voie ferrée de *Swakopmund*, port difficilement abordable pendant une partie de l'année par suite de l'état de la mer, à *Windhoek* (Sud-Ouest-Africain allemand) ; elle a un développement de 382 kilomètres et un écartement de $0^{m},60$. Le profil est très accidenté ; de la côte 0 on atteint au kilomètre 289 à l'altitude de 1650 mètres et à celle de 1637 mètres au point terminus. Le trajet se fait en deux jours avec une vitesse de 20 kilomètres à l'heure et un arrêt de nuit à *Karibib* ; les trains de marchandises, marchant à 12 kilomètres à l'heure, parcourent la ligne en trois ou quatre jours (1). Cette voie ferrée a coûté 13 500 000 marcs, soit 35 000 marcs (43 750 francs) environ par kilomètre. D'après une convention anglo-allemande du 28 octobre 1899, une ligne devra être construite, qui partira de *Great Fish Bay* (Angola) et aboutira au *Nyassaland* anglais, par le Sud-Ouest-Africain allemand. Les anciens territoires de la *République Sud-Africaine* et la *Rhodesia* seraient ainsi en communication avec un point de la côte atlantique, rapproché de plus de 2000 kilomètres de l'*Europe* que *Cape-Town*.

Dans l'Afrique orientale, l'Italie va prolonger jusqu'à *Asmara*, au prix de 25 millions de francs, la ligne déjà construite de *Mas-*

(1) Globus, 1902, t. LXXXII, p. 84.

saouah à *Saati* ; ce sera une excellente voie stratégique et commerciale de 115 kilomètres ; le Gouvernement français de son côté fait pousser activement le chemin de fer destiné à relier la côte orientale de *Madagascar* à *Tananarive*. Le premier tronçon de 30 kilomètres a été inauguré le 16 octobre 1902. C'est le fait économique le plus important qui se soit produit à Madagascar depuis l'occupation par la France. Le tracé part de *Brickaville*, où les chalands calant un mètre d'eau peuvent venir rompre charge en toute saison ; puis il s'engage dans la vallée de la *Vohitra*, dont il suit les nombreux méandres pour rejoindre la route carrossable à *Analamazaotra* et pour passer le *Mangoro*, au même point qu'elle, à *Antanjona*. De là il remonte la vallée de ce grand fleuve jusqu'à sa rencontre avec son affluent l'*Isafotra* qu'il côtoie sur un assez long parcours avant de gagner les hauts plateaux de l'*Imerina* par les cols d'*Ankofiky* et d'*Antanifotsy*. Les ouvrages d'art sont assez nombreux dans la première partie du parcours ; mais, de la plaine du *Mangoro* à *Tananarive*, les seuls passages difficiles sont les deux cols que nous venons de signaler.

F. Van Ortroy.

HYGIÈNE

—

XIe CONGRÈS INTERNATIONAL D'HYGIÈNE ET DE DÉMOGRAPHIE TENU A BRUXELLES DU 2 AU 8 SEPTEMBRE 1903 (1)

3e Section. Technologie sanitaire : Science de l'ingénieur et de l'architecte appliquée a l'hygiène.

1^r Question. Épuration bactérienne : A. des eaux d'égout ; B. des eaux résiduaires industrielles.

L'épuration bactérienne des eaux d'égout et des eaux résiduaires industrielles était une question trop complexe, en raison des compositions si variables de ces eaux, pour pouvoir trouver en un système unique la solution du problème.

MM. Dunbar (Hambourg), Gilbert, J. Fowler (Manchester),

(1) Voir Revue des Questions scientifiques, octobre 1903, p. 686.

Launay (Paris), Rideal (Londres) et Rolants (Lille), rapporteurs, ont successivement exposé les divers systèmes employés, leurs avantages, leurs modes d'action. C'est, en résumé, l'application, sous diverses formes, des principes de l'épuration biologique artificielle : précipitation, filtration mécanique, aération, oxydation, etc. Sur ce point, comme le dit M. Bechmann (Paris), l'accord est unanime.

Aussi la section adopte-t-elle les conclusions du rapport si lucide présenté par M. Launay : " *Ces procédés se rattachent tous à des principes généraux dont l'application ouvre une ère nouvelle et féconde à l'assainissement des villes et des cours d'eau ; toutes les fois qu'ils auront à traiter le problème de l'épuration des eaux d'égout et des eaux résiduaires, les ingénieurs, les hygiénistes, les industriels et les municipalités devront s'en inspirer et pourront en tirer un parti avantageux, soit qu'ils emploient ces procédés seuls, soit qu'ils les associent aux autres procédés déjà connus ou appliqués. Il est donc à désirer que les études d'application pratique soient poursuivies.* "

2e *Question. Avantages et inconvénients des égouts du système unitaire et du système séparatif.*

De la lecture des mémoires de MM. les rapporteurs Busing (Berlin), Imbeaux (Nancy), Roechling (Leicester), E. Putzeys (Bruxelles) et Spataro (Rome), il semble résulter que chaque système est excellent. Et en effet, n'étaient les conditions météorologiques, la déclivité plus ou moins forte, parfois nulle, du terrain, la situation spéciale de la ville (voisinage d'un cours d'eau), le choix du système serait fort embarrassant.

Les membres de la section sont unanimes à reconnaître que l'adoption d'un système à l'exclusion de l'autre ne pourrait être décidé *à priori*, et la proposition suivante est votée : " *Les systèmes séparatif, unitaire ou mixte peuvent être utilement employés suivant les circonstances ; ce n'est qu'après une étude comparée, après avoir mis en balance, dans chaque cas particulier, les avantages et les inconvénients des systèmes pour le cas soumis à son examen, que l'ingénieur sanitaire pourra prétendre formuler des conclusions fondées.* "

3e *Question. Établir au point de vue des exigences de l'hygiène, les conditions que doivent remplir les eaux issues des terrains calcaires.*

Les sources n'existent pas dans les terrains calcaires ; le calcaire n'est pas un filtre, et l'eau qui nous vient de ces terrains,

après avoir traversé d'abord des étendues parfois considérables, est souvent polluée, contaminée, toujours suspecte. Telle est l'opinion de M. Martel.

Au contraire, disent notamment MM. Marboutin (France). Rideal (Angleterre) et Pagliani (Italie), les eaux utilisées dans nos pays proviennent très souvent de terrains calcaires, et l'expérience est là qui prouve leur bonne qualité. M. Janet, rapporteur de la section, estime même que plus elles sont calcaires, meilleures elles sont.

Ces opinions, trop absolues dans l'un et l'autre sens, sont loin d'être vérifiées par l'expérience, et, de la longue et très intéressante discussion à laquelle cette question donne lieu durant trois séances, ressortent les conclusions suivantes proposées par la commission spéciale de la section et adoptées à l'unanimité : " *Les alimentations au moyen d'eaux issues de terrains calcaires doivent être l'objet d'une attention particulière, en raison des imperfections possibles du filtrage dans les terrains fissurés. Une enquête minutieuse au double point de vue hydrogéologique et chimico-biologique s'impose donc avant tout captage. La distribution d'eau étant établie, des mesures de surveillance doivent être instituées et poursuivies, tant en ce qui concerne les eaux captées que leur bassin d'alimentation.* „

4e Question. Les ordures ménagères, leur transport et leur traitement final : règles hygiéniques à suivre dans les maisons et dans les villes.

Question des plus importantes, les ordures ménagères étant trop souvent, presque toujours même, le point de départ, la cause occasionnelle des affections transmissibles.

C'est en raison même de cette importance qu'un Comité international de l'hygiène des voies publiques, sous la présidence de M. Roechling (Leicester), s'était déjà réuni au mois de septembre 1902 pour jeter les bases d'un rapport d'ensemble sur cette question.

L'imperméabilité du revêtement des rues, facilitant le nettoyage et l'écoulement des eaux ; le nettoiement des voies publiques ; l'arrosage préalable pour éviter les poussières ; le balayage et l'enlèvement réguliers des balayures faits la nuit ou tout au moins le matin ; l'incinération de ces balayures ; la plantation d'arbres sur les voies et places publiques ; l'établissement de lieux d'aisance et urinoirs, etc. ; tous ces points, qui forment un idéal hygiénique dont la réalisation n'a rien de chimé-

rique, sont exposés dans le rapport rédigé par M. Roechling, en collaboration avec des collègues d'autres nationalités.

L'incinération des immondices, déjà pratiquée dans plusieurs grandes villes, devrait, de l'avis général, être réalisée au plus tôt dans toutes les petites villes et villages, où le dépôt des immondices se fait encore près des cités.

Les conclusions suivantes sont votées à l'unanimité : " *La section approuve les conclusions présentées par le Comité international de l'hygiène des rues et en recommande vivement l'application. Elle prie le Comité de continuer ses études en vue des Congrès ultérieurs.* „

Ce n'est pas sans satisfaction que nous mentionnons ici les applaudissements qu'a valus à l'administration de la ville de Bruxelles, l'usine d'incinération créée par MM. Putzeys et Smeyers.

5e Question. Progrès réalisés depuis vingt ans en matière de chauffage et de ventilation des habitations privées et collectives.

Les rapporteurs, MM. E. Herscher-Geneste (Paris), Pfutzner (Dresde) et Van Rysselberghe (Gand) décrivent les grands progrès réalisés depuis vingt ans par l'emploi de plus en plus perfectionné de la vapeur pour le chauffage des grands bâtiments (hôtels, habitations collectives, locaux publics, etc.); ils constatent, en revanche, le peu de résultats obtenus pour les appartements de plain-pied et la plupart des habitations privées ; pour celles-ci les cheminées ou les poêles sont encore toujours en usage, et la ventilation y est souvent insuffisante et mal assurée. Obtenir partout et à des prix modérés l'installation du chauffage central, en assurant une bonne circulation d'air, tel est le problème qui doit encore être bien étudié.

L'ordre du jour suivant, proposé par le Président, est adopté sans opposition : " *La section remercie MM. les rapporteurs de leurs travaux très intéressants, où les ingénieurs, les architectes et tous ceux qui s'intéressent au bien-être des populations pourront puiser d'utiles renseignements.* „

6e Question. Règles générales d'hygiène à observer dans la distribution, l'aération permanente et la décoration intérieure des maisons d'habitation.

Pour en arriver à créer des habitations idéales au point de vue de l'hygiène, il faudrait, comme l'a dit M. Bounier, rapporteur de la section, *mettre à la mode l'hygiène, c'est-à-dire la santé.* L'application complète des six grands principes suivants permettrait déjà de réaliser un progrès énorme : 1° isolement des

habitations de tout contact immédiat avec la terre ; 2° éloignement des cuisines, égouts, water-closets, etc., en un mot de tout foyer de décomposition organique ; 3° aération parfaite des locaux ; 4° éclairage complet par la lumière solaire directe ; 5° établissement de murs épais construits avec des matériaux sains, en évitant les décors compliqués et inutiles ; 6° distribution large d'eau de bonne qualité.

Malheureusement, nos villes sont construites et leur transformation hygiénique idéale est irréalisable, à moins de les détruire et de les rebâtir ensuite. Cependant, certains principes pourraient être appliqués sans dépenses exagérées ; tels : l'aération des locaux par des cheminées spéciales, l'isolement des water-closets ; l'isolement de l'escalier des maisons à locataires nombreux ; l'enlèvement des tapis, vrais nids à microbes ; la suppression des tentures et des papiers peints qui empêchent la ventilation spontanée à travers les parois ; etc.

Voici l'ordre du jour proposé par le Président et adopté aussitôt : " *La section, reconnaissant l'importance des points soulevés dans la 6e question et constatant l'intérêt des communications faites, sans y trouver des conclusions définitives, exprime le vœu que cette question soit mise à l'ordre du jour d'un Congrès ultérieur.* "

Une pensée nous vient à l'esprit en lisant tous ces vœux, tous ces desiderata formulés par la 3e section du Congrès, c'est que nous les voyons de plus en plus se réaliser autour de nous. Cette extension de nos villes, cette hygiène des rues, ces larges et belles avenues plantées d'arbres, ces parcs verdoyants, tant d'heureuses innovations que nous voyons adopter chaque jour, ne sont que la mise en pratique des règles hygiéniques les plus récentes, sous l'impulsion si puissante, si hautement intelligente de notre Souverain.

4e Section. Hygiène industrielle et professionnelle.

1re Question. Ankylostomasie. A. Faire connaître le développement topographique de l'ankylostomasie dans les pays houillers, le pourcentage des ouvriers qui en sont atteints, et les rapports de cette maladie avec les conditions hygiéniques des mines de houille où elle a été constatée (ventilation, température, humidité, etc.).

B. Indiquer les mesures prophylactiques pratiques et réalisables à prendre pour enrayer le mal.

C. *Signaler celles qui ont été appliquées et les résultats obtenus.*

L'ankylostome, un des parasites de l'homme des plus dangereux, et aussi des plus répandus, devait en raison de l'anémie pernicieuse, de la mortalité même qu'il occasionne dans nos populations minières, occuper une grande place au Congrès d'hygiène.

Médecins, hommes politiques, industriels s'étaient donné rendez-vous à ces séances; et pourtant, il faut bien le reconnaître, l'impression que laisse ce débat est celle d'un immense découragement en présence de l'inertie, de la mauvaise volonté, de la résistance même des ouvriers à l'examen médical et aux mesures prophylactiques que certains collèges miniers rejetèrent même comme " inutiles et vexatoires ".

Il est deux mesures prophylactiques dont l'application a néanmoins donné des résultats remarquables en Autriche et en Allemagne : 1° l'installation de water-closets ou de récipients convenables au fond de la mine ; 2° l'interdiction absolue de l'emploi des ouvriers atteints d'ankylostomasie.

La section adopte, à l'unanimité, la proposition d' " *interdire sous des peines sévères, sauf en des endroits déterminés, le dépôt des excréments dans les travaux souterrains d'une mine* ". L'interdiction absolue de l'emploi des ouvriers atteints d'ankylostomasie a été rejetée. Une proposition de M. Harzé, tendant à obtenir la création de cours d'hygiène professionnelle, et le concours unanime de tout ce qui constitue une autorité dans les centres miniers (patrons, médecins, prêtres, instituteurs, presse) rencontre l'approbation de tous.

D'autres questions (chauffoirs, lavoirs, bains, etc.) provoquent encore des débats très longs et mouvementés.

L'ordre du jour suivant, comprenant tous les desiderata formulés pendant les séances consacrées à cette question, est adopté : " *Dans les travaux souterrains seront établis un certain nombre de récipients pour le dépôt des déjections; leur entretien sera confié à un personnel spécial.*

" *Il sera installé, à la surface, des water-closets convenables et d'un type admis par les autorités sanitaires.*

" *Tout ouvrier devra, avant son admission au travail souterrain, subir un examen médical au point de vue de l'ankylostomasie. La déclaration aux autorités compétentes de tout cas d'ankylostomasie, qui arriverait à la connaissance des chefs d'industrie, est obligatoire.*

" *Le Congrès estime qu'il y a lieu d'attirer l'attention des pou-*

voirs publics, des ingénieurs et des industriels sur les points suivants :

„ *a) L'amélioration de la ventilation, l'écoulement régulier des eaux, le nettoyage du sol des mines et l'éloignement des bones du fond des travaux ;*

„ *b) La distribution d'eau potable, qui peut s'imposer dans certains pays ;*

„ *c) La création de dispensaires spéciaux pour l'examen de l'ankylostomasie ;*

„ *d) Il y a lieu d'établir des bains-douches et des lavoirs-vestiaires dans tous les charbonnages, comme mesure d'hygiène favorable contre l'ankylostomasie.* „

2e Question. Mesures à prendre en vue de préserver les ouvriers occupés dans les usines où l'on prépare les composés de zinc et de plomb.

Comme il fallait s'y attendre, la question de l'interdiction de l'emploi de la céruse et de son remplacement par le blanc de zinc a été immédiatement soulevée par divers orateurs, bien qu'elle ne fût pas à l'ordre du jour. Quoi qu'on fasse, aussi longtemps qu'on s'obstinera à employer la ceruse dans les travaux de peinture, dit M. Layet (Bordeaux), il y aura des travailleurs empoisonnés.

Instamment conviée à réclamer l'interdiction de la céruse et l'emploi substitutif du blanc de zinc, la section, sur la proposition de M. Lemière (Lille), s'est prononcée de la manière suivante : " *Vu la grande toxicité de tous les composés de plomb, le Congrès émet le vœu que des recherches soient faites en vue de la suppression de leur emploi partout où cela est possible, et il demande que l'on encourage toutes les recherches ayant pour but de découvrir des substances inoffensives pouvant être substituées aux sels de plomb, ainsi que toutes les expériences ayant pour but d'en généraliser l'emploi.* „

Après un débat sur un rapport de M. Thisquen (Liége), l'assemblée se met d'accord sur une série de mesures de préservation à faire observer tant par les industriels que par les ouvriers. Elle souhaite : " *a) qu'une surveillance médicale régulière, placée sous le contrôle administratif, soit rendue obligatoire dans les industries où existent les principales intoxications saturnines ; b) que la déclaration du cas d'intoxication soit obligatoire* „.

Citons, pour terminer, un dernier vœu important du Congrès : " *Les usines nouvelles seront conçues ou édifiées conformément*

à tous les progrès de l'hygiène industrielle. Les usines existantes qui laisseraient à désirer à cet égard, subiront les modifications nécessaires pour qu'il soit satisfait à cette condition, endéans les délais à déterminer dans chaque cas particulier. „

3e Question. Dans quelles mesures peut-on, par des méthodes physiologiques, étudier la fatigue, ses modalités et ses degrés dans les diverses professions ? Quels sont les arguments que les sciences physiologiques et médicales peuvent ou pourraient faire valoir en faveur de tel ou tel mode d'organisation du travail ?

La définition scientifique de la fatigue, du surmenage, la détermination de leurs signes soulèvent les observations de nombreux orateurs.

Les rapporteurs MM. Demoor (Bruxelles), Imbert (Montpellier), Trèves (Turin) et Zuntz (Berlin) ont été successivement entendus.

Divers systèmes permettent de se faire une idée assez précise de la fatigue. Mlle Yoteiko (Bruxelles) voudrait que l'on procédât à une étude immédiate de cette détermination dans les usines et fabriques et non dans les laboratoires. C'est également l'avis de M. Demoor : il fait la critique des méthodes employées présentement en physiologie et déclare se rallier à la proposition de M. le professeur Imbert relative à l'étude systématique d'un groupe d'ouvriers.

L'assemblée s'est enfin mise d'accord pour émettre les vœux suivants : “ *1° Que, dans tous les pays où cette institution n'existe pas encore, il soit établi un service spécial de surveillance médicale de tous les travailleurs ;*

„ *2° A l'âge d'admission légale au travail, l'intéressé devra produire un certificat médical d'aptitude physique ;*

„ *3° Par suite de l'insuffisance des données scientifiques actuelles, il y a lieu de porter au programme du prochain Congrès l'étude de la fatigue chez une ou plusieurs professions déterminées, étude qui serait faite au moyen des diverses méthodes actuellement imaginées, en particulier au moyen de l'exploration des attitudes pendant le travail et par l'observation médicale complète.* „

4e Question. Filatures de lin.

L'insalubrité du travail dans les filatures de lin ne fait actuellement plus de doute pour personne. Soulevée il y a déjà quarante ans par Jules Simon, cette question n'a pas encore reçu une solution suffisante à l'heure qu'il est.

Aussi, la section a-t-elle immédiatement voté les prescriptions

(température maxima, état hygrométrique de l'air, pare-gouttes, ventilation, vestiaires, water-closets) qui seront exigées intégralement des établissements à créer dans l'avenir ; elles devront être réalisées par les industries existantes, auxquelles des délais suffisants seront accordés largement à cette fin.

Les conclusions suivantes présentées par M. Buysse (Belgique) sont adoptées à l'unanimité : " *Voir relever l'âge d'admission dans ces fabriques jusqu'à l'extrême limite compatible avec la situation économique et diminuer progressivement les heures de travail.*

„ *Les industriels sont invités : 1° A poursuivre avec zèle leurs recherches en vue d'améliorer l'état thermométrique et hygrométrique des salles de filage ;*

„ *2° A indemniser, par une allocation pécuniaire convenable, les ouvrières quittant le travail quinze jours avant leurs couches ;*

„ *3° A installer dans les fabriques ou à proximité, des crèches ou pouponnières, afin de permettre aux mères d'allaiter leurs enfants pendant la journée de travail.* „

5e Question. Couperies de poils.

De même que pour le saturnisme, les premières observations se sont adressées au poison, dont l'usage devrait être banni de cette industrie. Mais il faudrait un autre produit, et, malheureusement, des produits autres que le mercure, il n'en est pas un qui vaille quelque chose.

Le vœu suivant est formulé : " *Il y a lieu d'encourager les recherches tendant à substituer un procédé inoffensif ou moins nocif au procédé mercuriel.* „

Les mesures hygiéniques et prophylactiques proposées par M. Glibert (examen médical individuel et périodique, ventilation particulièrement soignée, vestiaires, vêtements spéciaux, lavabos, réfectoires) sont adoptées. L'assemblée ratifie également le vœu de M. Alquenbourg (France) tendant à ce que les mesures préconisées revêtent une forme internationale.

6e Question. Travail à domicile et petite industrie.

Les rapports de Miss Mary Anderson (Londres), de MM. Fontaine et van Overstraeten (Bruxelles) nous apprennent que les bénéfices des lois d'hygiène industrielle se sont étendus de plus en plus, dans tout le pays, au travail exécuté par la petite industrie et à domicile.

La ventilation large et l'aération fréquente, le cube d'air, la désinfection des locaux, le maximum d'heures de travail, l'inspection fréquente des petits ateliers sont des mesures sanitaires

de premier ordre dont l'application est aussi nécessaire à la petite qu'à la grande industrie.

Faut-il permettre, encourager même le travail à domicile ? Ce travail donne lieu à des abus trop graves pour qu'une réglementation, même sévère, puisse y porter remède ; il y a donc lieu, pense M. Varlez (Gand), de rapprocher l'ouvrier de l'atelier.

Estimant cependant que l'idéal à atteindre est de ramener à la famille l'ouvrier, la femme et les enfants et de soustraire la jeunesse au régime de l'atelier, le Congrès émet le vœu : " *Que le travail à domicile puisse se développer de plus en plus, en l'entourant de toutes les mesures protectrices nécessaires au point de vue de la sécurité et de l'hygiène.* „ (Adopté par 21 voix contre 6.)

Avant de se séparer, les membres de la 4e section, dont les travaux ont une si grande portée morale et sociale, formulent encore une proposition tendant à " *voir adjoindre un cours d'hygiène au programme des cours de l'École des mines* „.

5e Section. Hygiène des transports en commun.

1re Question. Organisation de la propagande hygiénique et de la lutte contre les maladies transmissibles dans le personnel actif des chemins de fer.

Toute administration soucieuse de la santé de son personnel ne doit pas se contenter de le faire soigner en cas de maladie ; elle doit faire son éducation hygiénique, lui faire connaître les affections transmissibles, l'étendue de leurs ravages, etc. Il est aussi de son devoir de s'entourer de tous les renseignements nécessaires pour connaître les inconvénients qu'amène chaque service, afin d'être à même d'y parer par des mesures appropriées.

C'est ce qu'a fort bien compris la 5e section en votant les conclusions suivantes : " *La compétence des médecins est incontestable dans l'organisation de la propagande hygiénique et spécialement de la lutte contre les maladies transmissibles, dans le personnel actif des chemins de fer. Son rôle actif est primordial ; il doit être appuyé, à cet effet, par les autorités administratives.*

„ *Aucun moyen ne doit être négligé pour la propagande ; elle se fera le plus efficacement au moyen de notices annexées aux carnets obligatoires, d'instruction professionnelle, de conférences, de tableaux, etc.*

„ *Pour que les instructions hygiéniques et de préservation*

soient en rapport avec les genres d'emplois, elles doivent s'appuyer sur des statistiques médicales aussi rapprochées que possible. „

2 Question. Des meilleurs procédés de désinfection des wagons servant au transport des voyageurs, des bestiaux et des marchandises.

La désinfection des voitures à voyageurs même en dehors des cas où elle est indispensable, urgente (contamination grave, certaine) devrait être pratiquée le plus souvent possible. Les wagons à bestiaux devraient, autant que le service le permet, être désinfectés après chaque transport, et les wagons à marchandises, chaque fois qu'ils ont renfermé des substances putrescibles ou suspectes.

Malheureusement, le problème de la désinfection de ces wagons présente de grandes difficultés : dépense, lenteur, efficacité douteuse, détérioration du matériel...

Comme suite aux rapports de MM. De Rechter (Bruxelles), Kossel (Berlin), Lode (Innsprück) et Redard, le Congrès estime : " *qu'il est hautement désirable que les mesures les plus efficaces soient prises en vue d'assurer la désinfection du matériel servant au transport des personnes, des animaux et des marchandises, et qu'il y aurait utilité, pour atteindre ce résultat, d'instituer des expériences méthodiques sous le contrôle d'une commission internationale.* „

6e Section. Hygiène administrative : Prophylaxie des maladies transmissibles. Habitations ouvrières. Hygiène infantile.

1re Question. Règles à suivre dans l'alimentation du premier âge : moyens à employer pour faire entrer dans la pratique les notions d'hygiène infantile, et surtout les préceptes de l'alimentation des nourrissons. Protection légale et administrative des nouveau-nés.

M. le professeur Budin (Paris) fait, sur cette question, toujours actuelle, une brillante communication. MM. Clerfayt (Mons), Heubner (Berlin), Prausnitz (Graz), Knoepfelmacher (Vienne), Lust, Maurel, Miele, Devuyst et H. Ensch prennent part à la discussion. M. Budin résume fort bien les mesures à prendre par les vœux suivants, qui sont adoptés : " *Le Congrès est d'avis que l'alimentation des nourrissons doit faire l'objet de la sollicitude constante des pouvoirs publics et exprime le vœu :*

„ *Que les administrations publiques charitables cherchent,*

par tous les moyens possibles, à instituer des consultations pour nourrissons, dirigées par des médecins ;

„ Que, pour les jeunes filles, depuis l'école moyenne jusqu'à l'âge normal et spécialement dans les écoles ménagères, il soit institué des leçons spéciales d'hygiène infantile, notamment en leur faisant suivre des consultations de nourrissons ;

„ Que, dans toutes les communes, des notices sur l'allaitement et l'hygiène des nouveau-nés, en tête desquelles figurera ce précepte que jamais l'allaitement artificiel ne vaut l'allaitement naturel, soient délivrées au moment du mariage et de la naissance. „

2e Question. But de l'inspection médicale et hygiénique des écoles publiques et privées. Organisation de cette inspection. Conditions d'efficacité.

MM. Mosny (Paris), Chauvin (Liége), Holst (Christiania) et Loquer (Francfort), rapporteurs, ont émis des conclusions identiques sur le but et les conditions différentes de l'inspection médicale et hygiénique des écoles publiques et privées. La section n'a pas hésité à s'y rallier et à souhaiter de voir se réaliser " *la surveillance et la salubrité des locaux scolaires ; la prophylaxie des maladies transmissibles ; le contrôle périodique et fréquent du fonctionnement normal des organes et de la croissance régulière de l'organisme physique et des facultés intellectuelles de l'enfant ; l'adaptation, d'accord avec les pédagogues, de la culture des facultés intellectuelles à la capacité physique individuelle, ainsi que l'instruction et l'éducation sanitaires de l'enfant. „*

Quant à la nécessité du régime scolaire spécial pour les enfants irréguliers, le Congrès émet le vœu : " *que l'enseignement spécial soit généralisé et puisse s'appliquer à tous les enfants auxquels il convient. „*

3e Question. Intervention des pouvoirs publics dans la lutte contre la tuberculose.

L'étude de la tuberculose se présentait, devant le Congrès, sous des aspects nouveaux qui devaient donner à cette séance un intérêt exceptionnel. Il s'agissait de connaître le sentiment des délégués les plus autorisés des différents pays sur le moyen de dépister les malades, la déclaration obligatoire ou la notification faite spontanément par les malades eux-mêmes et surtout sur l'efficacité des sanatoria et le rôle qui revient à l'État dans la lutte contre le fléau tuberculeux.

Les rapports avaient été confiés à MM. Brouardel, Mosny

(Paris), Faber (Copenhague), Moeller (Bruxelles), Newsholme (Brighton), Pannwitz (Berlin), Schmid et Carrière (Berne), Santoliquido (Rome).

L'accord a été parfait quant à l'intervention des pouvoirs publics pour la prophylaxie antituberculeuse " *par l'application rigoureuse des lois et d'une réglementation concernant la salubrité des habitations ; par les mesures de police sanitaire prescrites par les lois ; par une législation sévère sur le surmenage et la durée du travail des ouvriers (entente internationale) : enfin, par l'extension des réglementations communales, cantonales ou régionales, s'inspirant des nécessités locales, professionnelles ou mutualistes* ".

Les pouvoirs publics doivent-ils également — et jusqu'à quel point — intervenir dans la création de sanatoria ? Les avis se sont partagés sur ce point. Les résultats des cures sanatoriales sont trop manifestes, disent les uns (Allemands, surtout), pour ne point considérer le sanatorium comme l'institution antituberculeuse et prophylactique idéale. Les sanatoria, disent les autres, constituent, il est vrai, une œuvre hautement humanitaire, mais l'importance de leur action ne paraît pas telle qu'il faille en faire " le pivot de toute la prophylaxie tuberculeuse " (Moeller) (1) ; leur influence, à ce point de vue, serait même secondaire, d'après M. Santoliquido.

Il est impossible, pourtant, de ne pas être impressionné par le pourcentage de guérisons (15 % minimum) obtenues dans les sanatoria allemands. Aussi le vœu que voici est-il adopté à l'unanimité : " *En ce qui concerne l'assistance aux tuberculeux par les sanatoria populaires, dispensaires, cures d'air, asiles, etc., l'État doit favoriser et aider, dans la plus large mesure, l'essor de l'initiative privée et des groupements sociaux, et leur permettre de répandre leurs bienfaits selon l'esprit social et les besoins propres à chaque nation.* "

(1) On lira avec intérêt, sur cette question, les développements que M. le Dr Moeller, rapporteur, membre de l'Académie de médecine et de la Société scientifique, vient de lui consacrer dans un article publié par la Revue Générale (décembre 1903) : *La Question des Sanatoria devant le Congrès d'Hygiène de Bruxelles*, et dans une communication récente à l'Académie de médecine (séance du 28 novembre 1903) : *De l'intervention des pouvoirs publics dans la création de sanatoriums pour tuberculeux indigents en Belgique.*

A signaler aussi un travail dû à la plume très autorisée de M. le Dr Martin, médecin de régiment de 1re classe : *La Lutte contre la tuberculose. La défense du Sanatorium* (Arch. Médic. belges, octobre 1903).

4e Question. La prophylaxie sanitaire de la peste et les modifications à apporter aux règlements quarantenaires.

L'inefficacité, l'inutilité des règlements quarantenaires, tels qu'ils existent actuellement, ressort à l'évidence des rapports nombreux présentés sur cette question, qui soulève tant d'intérêts, à première vue inconciliables : les intérêts hygiéniques et les intérêts commerciaux.

La contamination pesteuse provient uniquement des rats ; nul ne le conteste, mais la destruction de ces animaux ne suffit pas.

Pour réaliser une bonne prophylaxie antipesteuse il faut aussi, avec les rats, détruire leurs puces, leurs parasites, leurs excréments, les insectes et les bacilles enfin. Mais comment procéder à une désinfection complète sans léser des intérêts commerciaux respectables ? Là gît la difficulté que le Congrès a à résoudre.

L'oxyde de carbone et l'acide sulfureux actuellement employés, ne réalisent pas le but, loin de là ; ou leur manipulation est dangereuse, ou, les rongeurs étant tués, leurs puces ne le sont pas, ou bien encore ils gâtent certaines denrées, etc.

On adopte les vœux de M. Calmette, rapporteur : *Abolition des quarantaines et de l'internement dans les lazarets ; surveillance de cinq à dix jours au port de débarquement ; destruction des rats et insectes ; désinfection complète ; vaccination antipesteuse : institution de médecins sanitaires spécialement instruits.* Toutefois en raison de la réunion de la prochaine Conférence sanitaire internationale, le Congrès demande " *que les propositions formulées par la 6e section concernant la prophylaxie sanitaire de la peste et les modifications à apporter aux règlements sanitaires soient signalées à son attention* ".

5e Question. Habitations ouvrières. Comment et dans quelle mesure les pouvoirs publics peuvent-ils et doivent-ils intervenir en ce qui concerne la construction d'habitations salubres, destinées à la population ouvrière nécessiteuse ? Rapporteurs : MM. Albrecht (Berlin), Dufourmantelle (Paris), Pierson (la Haye), Mahaim et Velghe (Belgique).

Les résultats de la loi belge de 1889, qui a consacré l'œuvre des habitations à bon marché en Belgique, sont tellement remarquables (plus de 30 000 maisons construites) qu'il y aurait lieu d'étendre encore l'action bienfaisante de cette loi. Des résultats analogues ont été obtenus en Allemagne, en Angleterre, en France, etc.

La classe nécessiteuse devrait, elle aussi, avoir ses logements où seraient appliquées toutes les règles de l'hygiène ; les hos-

pices, les bureaux de bienfaisance, l'initiative privée uniraient leurs efforts pour arriver à ce résultat. Les pouvoirs publics interviendraient par des moyens appropriés (faveurs fiscales et toutes dispositions propres à créer ou à développer le crédit immobilier). En attendant, il importe d'améliorer les logements pauvres existants.

Les conclusions de MM. Velghe et Mahaim, ainsi que la proposition additionnelle de M. Franklin (Londres) sont votées : " *Rendre plus salubres les habitations occupées actuellement par les pauvres est une question de toute première importance, plus importante même que l'établissement de nouveaux locaux.* „ Le Congrès, reconnaissant les grandes difficultés que soulève cette mesure, émet le vœu " *de voir se fonder des sociétés dirigées par des personnes influentes, ayant pour but l'amélioration de l'état sanitaire des locaux existants* „.

6e Question. Désinfection des habitations.

Les rapports présentés par MM. Von Esmarch (Göttingen), Herman (Mons) et A. J. Martin (Paris) décrivent longuement, et de la manière la plus intéressante, les procédés de désinfection actuellement connus. Une discussion s'engage quant au procédé de choix à employer, dans les différents cas, quant au moment le plus favorable, au personnel et à son éducation, au contrôle administratif, etc..

Les vœux suivants de MM. Martin, Chaves et Kirschner (Leipzig) sont admis à l'unanimité : " *La désinfection des habitations ne doit être faite que par des procédés, ou à l'aide d'appareils autorisés à la suite d'expériences très précises de vérification ;*

„ *La désinfection doit être pratiquée par des agents compétents et expérimentés, instruits dans des écoles spéciales ;*

„ *Il est désirable que la désinfection soit gratuite.* „

M. Cartejo a formulé cette proposition qui a recueilli tous les suffrages : " *Un concours sera ouvert, en vue de décerner, à l'occasion du prochain Congrès, un prix à l'auteur du procédé le plus efficace et le plus simple, permettant de pratiquer la désinfection, en cas de maladies infectieuses, dans les petites localités d'une population inférieure à 3000 habitants.* „

7e Section. Hygiène coloniale.

1re Question. Alimentation des Européens et des travailleurs indigènes dans les pays chauds.

La physiologie de l'homme habitant les pays chauds nous

fournit des données que l'expérience acquise ne vérifie pas. Ainsi, d'après la physiologie, la ration alimentaire devrait être diminuée et le régime surtout végétarien, alors que l'observation des faits nous montre l'avantage d'une alimentation mixte, digestible et suffisante.

Cette appréciation se reflète dans le vœu proposé par M. Firket (Liége) et ratifié par ses collègues : " *La nourriture de l'Européen doit être réparatrice, variée, de digestion facile, et tenir compte des habitudes individuelles en évitant les excès ;*

„ *Les indigènes ne peuvent fournir de travail régulier que s'ils reçoivent une ration de travail en rapport avec les dépenses de leur organisme ; cette ration doit être non seulement de bonne qualité, mais riche, variée et composée de façon à tenir compte de leurs habitudes de race.* „

2° *Question. Prophylaxie de la malaria.*

La lutte contre cette affection a été entreprise avec succès, depuis plusieurs années, par le gouvernement italien (des félicitations unanimes lui sont votées) : elle ne tardera pas à être plus efficace encore grâce aux connaissances plus parfaites que nous possédons actuellement.

Les vœux de la section, qui résument les débats, recommandent : " *L'immunisation artificielle médicamenteuse par les sels de quinine; la désinfection spécifique du sang des malariques par les sels de quinine ; la protection mécanique des habitations et des parties découvertes du corps ; l'isolement des malades ; la destruction des moustiques ; les travaux d'assainissement hydrauliques et agricoles ; l'inscription dans les programmes des établissements d'instruction, dans les pays paludiques, des notions relatives à la propagation du paludisme, et les applications pratiques qui en découlent ; le recours exclusif à des officiers, administrateurs et employés possédant ces connaissances.* „

Le rôle si important du sanatorium dans la lutte contre la malaria est ensuite examiné et bien mis en lumière par MM. Plehn (Berlin), Reynaud (Marseille), Firket et Granjux.

La proposition suivante, présentée par M. Reynaud, est adoptée : " *Il est désirable que des sanatoria situés en des régions salubres, soit en altitude, soit en climat marin, soient installés dans des colonies tropicales, au voisinage des grandes agglomérations humaines exposées à la malaria, et dans lesquels seraient traités, pendant un terme prolongé, les Européens impaludés. L'emplacement de ces sanatoria devra être*

choisi avec discernement. Cette institution, très nécessaire pour le succès de la colonisation, constituera, en définitive, une opération économique en rendant le rapatriement moins souvent nécessaire. „

3e Question. Prophylaxie de la maladie du sommeil.

Grâce à la découverte de Castellani, la cause véritable de cette terrible maladie serait enfin connue (Médecin principal Marchoux). La transmission, comme dans toutes les maladies à trypanosomes, ayant lieu soit par contact, soit par l'intermédiaire d'un insecte, la prophylaxie doit être réalisée par les diverses mesures qu'ont préconisées les rapporteurs MM. Van Campenhout (Bruxelles), Bettencourt (Lisbonne) et Marchoux.

La section a adopté les conclusions du rapport de M. Van Campenhout : " *1° Création d'un bureau permanent international centralisant les statistiques et travaux sur la maladie du sommeil ; 2° isolement, autant que possible, des malades dans les lazarets ; 3° rapatriement des individus atteints ; 4° surveillance médicale des embarquements à bord des bateaux fluviaux et des transports par chemin de fer ; 5° inspections sanitaires périodiques des missions, colonies scolaires, exploitations agricoles, etc.* „

4e Question. Prophylaxie du béribéri.

L'étiologie de cette affection est encore bien obscure, et nous nous trouvons en présence d'hypothèses diverses exposées par les rapporteurs MM. Bourguignon (Matadi), Firket (Liége), Hebrard (Toulon) et Van der Burgh (Utrecht). Ces interprétations provoquent, sur la proposition de M. Firket, le vœu suivant : " *En l'absence de connaissances positives suffisantes sur l'origine des différents cas de béribéri, il y a lieu de provoquer une étude plus complète de cette affection. En attendant, il convient d'appliquer strictement aux populations de couleur les règles de l'hygiène générale, spécialement en ce qui concerne l'alimentation et le logement.* „

5e Question. Prophylaxie de la variole dans les pays chauds. Vaccination et variolisation.

M. Gryns (Utrecht), rapporteur, expose les résultats remarquables obtenus, au point de vue du rendement de la vaccine, par la création d'un parc vaccinogène à Batavia.

En présence des grandes difficultés de la conservation du vaccin pendant son transport d'Europe dans les colonies et à travers les pays chauds, il serait à souhaiter qu'un institut vac-

cinogène fût, à l'exemple de celui de Batavia, créé dans les diverses colonies.

Différents animaux peuvent à cet effet être utilisés (lapins, chèvres, ânes, gazelles).

C'est dans cet ordre d'idées que la section a émis le vœu suivant : " *En raison des difficultés éprouvées par les vaccinateurs dans les pays chauds, pour se procurer des animaux vaccinifères, il y a lieu de recommander l'emploi du lapin. Dans certains cas exceptionnels on peut, en cas d'urgence, être autorisé à recourir à la vaccination de bras à bras avec toutes les précautions de rigueur.* „

La variolisation employée depuis longtemps en Chine et dans certaines parties de l'Afrique, est une pratique très dangereuse et condamnable (Calmette). Aussi la section voudrait-elle " *voir expérimenter dans un laboratoire approprié l'emploi du virus varioleux, après plusieurs passages sur le singe et inoculation consécutive à un animal vaccinifère tel que le lapin.* „

6e Question. Organisation de l'enseignement de la médecine coloniale.

L'enseignement de la médecine coloniale est déjà donné dans différents pays; sa nécessité et son importance sont parfaitement démontrées par les rapports de MM. Giaxa (Naples), Brouardel, Wurtz et Nocht (Hambourg). Des essais infructueux tentés par M. Firket, pour la création d'un institut colonial à Liége, ont permis de constater que l'enseignement doit être surtout organisé dans les grands ports où les malades coloniaux viennent débarquer.

" *Favoriser le développement, dans les principaux ports d'Europe. d'écoles de médecine coloniale pourvues de laboratoires et de tout le matériel nécessaire ; y donner à un personnel secondaire l'enseignement technique indispensable ; étendre l'enseignement de l'hygiène navale et de la police sanitaire maritime aux officiers de la marine marchande* „ : telles sont les mesures réclamées par la 7e section dont les travaux, a dit le général Baron Wahis, président, ont fait faire un grand pas à cette branche si nouvelle et si importante de l'enseignement universitaire.

2e Division : Démographie.

La 2e division du Congrès international d'hygiène et de démographie a entendu les divers rapports qui lui ont été remis;

leur objet principal était l'organisation des rédactions de statistiques correctes et uniformes concernant : *les causes de décès ; la natalité ; les mort-nés ; la mortalité dans la première enfance ; la mortalité professionnelle ; les décès causés par l'abus des boissons alcooliques ; etc...*

Plusieurs vœux ont été adoptés quant à " *la nécessité des déclarations médicales exactes ; la rédaction des actes d'état civil ; l'emploi de tableaux statistiques uniformes, scientifiques et, autant que possible, comparables de pays à pays ; etc.*

De graves problèmes, relevant plus encore de l'économie politique et de la morale sociale et religieuse que de l'hygiène proprement dite, ont été abordés et discutés ; citons surtout la question du *suicide* (H. Denis, Wilmart, Demarteau, De Lannoy) et de la *dépopulation des campagnes* (migrations intérieures) traitée dans le rapport de M. Edmond Nicolaï (discussion : MM. Rutten, Demarteau, Jacquart, H. Denis, Kiaer, etc.). Ces débats ont été fort écourtés et il s'en faut qu'ils aient eu l'envergure que réclamait leur importance. L'examen de ces questions sera poursuivi lors du prochain congrès ; il en sera de même de la formation des statistiques de l'alcoolisme, et des tables de mortalité professionnelle des ouvriers dans les diverses industries.

Enfin, une innovation a été proposée, qui répondrait aux vœux non seulement des hygiénistes, mais des économistes, des ingénieurs, des administrateurs, de tous ceux qui se préoccupent, à divers titres, des questions touchant à la santé publique : nous voulons parler de la création d'une bibliothèque internationale d'hygiène.

Si incomplet qu'il soit, l'exposé qui vient d'être fait donnera au lecteur une idée du travail considérable accompli par le Congrès. L'avenir, il n'en faut pas douter, justifiera les espérances qu'on est en droit d'en concevoir.

Dr G. L.

CULTURE INDUSTRIELLE

Le camphre, sa formation et sa distribution dans le camphrier. — Dans ces dernières années le camphrier est devenu une plante de grande importance, la consommation

du Camphre devenant de jour en jour plus considérable. On n'avait guère de données positives sur la formation de ce corps dans les tissus des plantes ni sur la distribution des cellules productrices dans tout le végétal.

M. Homi Shirasawa a fait paraître sur ce sujet dans le BULLETIN OF THE COLLEGE of AGRICULTURE de Tokyo (Vol. V, nº 3, 1903), une étude dans laquelle nous avons puisé les renseignements suivants.

Le camphre est fourni, comme on le sait, par la sécrétion du *Cinnamomum Camphora Nees*, qui existe dans certaines régions tropicales, en particulier en Asie. Au Japon l'arbre à camphre se rencontre jusque 36º de latitude nord et en particulier sur la côte, les terrains de Shikoku, Kiushiu, Izu, Iuruga sont ceux qui paraissent le mieux convenir à son développement. Dans ces régions le camphrier se rencontre encore en assez grande quantité à l'état indigène, mais le nombre des arbres et surtout des gros arbres va en diminuant. Il y a quelques années on rencontrait encore assez souvent au Japon et à Formose, qui est un grand centre de production, des arbres de vingt mètres de haut et deux mètres de diamètre.

L'exportation du camphre et de l'huile de camphre du Japon a comporté de 1888 à 1901 les quantités suivantes :

	Japon		*Formose*	
	Camphre	Huile de camphre	Camphre	Huile de camphre
1888	4 555 469 Kin (1)	1 149 299 Kin	—	—
1889	4 971 849 „	867 414 „	—	—
1890	4 463 881 „	778 902 „	—	—
1891	4 429 050 „	821 537 „	—	—
1892	3 064 005 „	699 836 „	—	—
1893	2 487 485 „	444 184 „	—	—
1894	2 071 378 „	427 251 „	—	—
1895	2 238 386 „	516 792 „	—	—
1896	1 617 060 „	558 852 „	4 395 921 Kin	5 761 Kin
1897	2 608 242 „	1 094 910 „	3 147 206 „	65 743 „
1898	2 434 028 „	684 037 „	2 292 098 „	15 954 „
1899	2 758 625 „	1 100 226 „	3 198 740 „	6 440 „
1900	3 280 715 „	456 973 „	1 571 200	—
1901	4 165 757 „	1 516 970 „	—	—

(1) Le Kin vaut environ une livre anglaise.

Chez le camphrier les cellules à huile, d'où est tiré le camphre, apparaissent très tôt sous le point végétatif; dans les jeunes organes les cellules huileuses contiennent une huile éthérée qui se forme dans la cellule et exsude d'une couche appelée par Tschirch " couche résinogène „ et qui persiste pendant longtemps dans la cellule. Dans les régions tropicales, l'huile et la masse résinogène des cellules du camphrier ont une consistance plus épaisse que dans les plantes cultivées dans nos serres d'Europe. Dans les feuilles adultes l'huile de camphre existe en plus forte proportion que dans les feuilles jeunes, et dans le vieux bois l'huile prend une couleur d'un jaune orangé. Cette huile se change ultérieurement en une huile incolore dont on extrait le camphre. Cette transformation d'huile jaune en huile incolore ne se fait que petit à petit, elle n'est complète qu'un certain nombre d'années après la formation de l'huile dans les cellules spéciales. Aussi dans le vieux bois on rencontre plus d'huile incolore et de cristaux de camphre que d'huile jaune ; dans le bois jeune, par contre, il y a plus d'huile jaune que d'huile incolore.

Par les procédés actuels de production du camphre, il n'est guère possible d'extraire du bois l'huile colorée, tandis que l'huile incolore et les cristaux peuvent être facilement distillés.

Dans toutes les feuilles on trouve des cellules huileuses, même dans le jeune âge ; dans les feuilles adultes les cellules à huile se trouvent surtout dans les palissades et dans le parenchyme. Ces cellules sont globuleuses lors de leur complet développement ; on en trouve un plus grand nombre dans les plantes cultivées dans les régions tropicales que dans les plantes de serres. La différence dans le nombre de cellules est surtout accusée dans les pétioles qui sont les organes des plantes les plus riches en cellules huileuses. Dans les parties ligneuses du faisceau fibro-vasculaire et dans l'épiderme il n'existe pas de cellules à huile ; dans l'écorce secondaire il en existe plus que dans l'écorce primaire. Dans la moelle jeune les cellules à huile sont très nombreuses, mais leur nombre diminue avec l'âge. Le bois des rameaux d'un an renferme relativement peu de cellules à huile; dans le bois de deux ans la proportion augmente notablement, elles se trouvent logées entre les rayons médullaires, dans le parenchyme ligneux et dans le tissu libriforme ; c'est dans le parenchyme ligneux que les cellules se rencontrent en plus grand nombre. Le bois d'automne contient également plus d'huile que le bois du printemps. Quant aux racines, elles contiennent

aussi de l'huile en assez forte proportion, et la distribution de ces cellules oléifères est la même que dans les tiges.

La forte consommation du camphre devait naturellement attirer l'attention des coloniaux; aussi a-t-on souvent préconisé la culture du camphrier dans les régions montagneuses tropicales dont le climat rappelle celui du pays d'origine de cet arbre. Un fait a cependant arrêté l'extension de cultures artificielles de cette essence, c'est que l'industrie chimique arriverait peut-être à produire un camphre synthétique. Cette supposition qui était dans l'air paraît s'être réalisée. En effet, il s'est fondé à New-York une société en actions sous la firme *The Port Chester Chemical Company* qui a pour but de préparer du camphre par voie de synthèse. Le capital social est de 1 000 000 de dollars divisé en actions de 100 dollars chacune. D'après les données des annonces de cette société, la consommation mondiale du camphre se chiffrerait par 8 000 000 de livres, les États-Unis seuls en consommeraient 2 000 000 de livres. Le camphre synthétique serait d'une plus grande pureté que le camphre naturel de provenance japonaise (Formose), ce dernier ne contenant que 88 à 90 % de camphre pur, tandis que le camphre artificiel en renfermerait 99 %. La préparation de ce produit est naturellement protégée par un brevet.

La fabrique de camphre synthétique est installée à Fox Island de manière à produire 2 000 000 de livres par an. Ce produit est obtenu en traitant l'huile de térébenthine, celle-ci donne 98 livres de camphre par baril d'huile. Cette entreprise donnerait aux actionnaires au cas d'une production de 2 000 000 de livres un dividende de 50 %.

On sait que la préparation du camphre fait l'objet d'un monopole installé par le gouvernement du Japon à Formose; de ce fait le Japon touche annuellement une redevance de 800 000 dollars, mais pour garantir cette industrie il a fallu édicter des règlements sévères; chaque arbre abattu doit être remplacé et 1500 hommes armés surveillent l'application des règlements.

La culture et l'industrie du coton aux États-Unis et dans le monde. — Parmi les principaux produits agricoles employés par l'industrie figure le coton, dont la consommation s'accroît de jour en jour. Les États-Unis ont augmenté leur production, en ces derniers temps, dans une proportion considérable, et elle est loin de se ralentir; en outre les Américains cherchent,

par des trusts, à accaparer tout le commerce de ce précieux produit.

Il serait intéressant de pouvoir comparer entre elles les productions de ces dernières années dans les différents pays d'origine ; malheureusement il est difficile de se procurer des statistiques complètes. Le tableau suivant suffira toutefois à donner une idée de l'accroissement de cette production pendant le dernier siècle

Production du coton brut dans le monde (1)
(en millions de livres anglaises)

	États-Unis	Amérique du Sud	Égypte	Inde	Divers	Total
1791	2	102	„	130	256	490
1801	48	102	„	160	210	520
1811	80	104	„	170	201	555
1821	180	86	6	175	183	630
1831	385	82	18	180	155	820
1840	797	90	30	212	100	1 229
1850	890	90	45	310	100	1 435
1860	2 158	90	51	420	100	2 879
1870	1 205	270	240	625	100	2 440
1880	2 588	86	282	540	100	3 596
1888	3 420	85	290	888	100	4 783
1891	4 310	„	„	„	1 290	5 600
1897	4 400	„	„	„	1 500	5 900
1900	4 750	„	„	„	1 500	6 250

D'après des documents plus récents, on peut ajouter pour 1901 :

États-Unis	10 218 000	balles	soit	6 109 000 000	de livres
Indes orientales	2 390 000	„	„	1 195 000 000	„
Égypte	1 100 000	„	„	550 000 000	„
Brésil, etc.	150 000	„	„	75 000 000	„
	13 858 000	balles	soit	7 929 000 000	de livres

dont 13 703 576 balles ont été consommées.

(1) D'après Baines ; cf. également : *Rapports commerciaux des agents diplomatiques et consulaires de France.* Culture et industrie du coton aux États-Unis, par M. Foex.

Comme le montrent ces chiffres, les États-Unis produisent actuellement plus des deux tiers des cotons consommés.

C'est de fait une des cultures principales des États-Unis et on la pratique dans un grand nombre d'États; signalons les quatorze suivants avec les chiffres de leur production pendant l'année 1900 :

Caroline du Nord	495 000	balles
Caroline du Sud	808 000	„
Géorgie	1 125 000	„
Virginie	13 000	„
Tennessee	285 000	„
Alabama	821 000	„
Mississippi	893 000	„
Louisiane	693 000	„
Texas	3 267 000	„
Arkansas	809 000	„
Floride	30 000	„
Territoires indiens	210 000	„
Missouri	30 000	„
Oklahoma	100 000	„
Divers	559	„
Total	9 439 559	balles

Deux variétés ont surtout fait la réputation des cotons de l'Amérique du Nord et ont actuellement été introduits dans presque toutes les régions tropicales du globe où l'on cherche, par des croisements avec les variétés indigènes, à obtenir des hybrides convenant aux divers sols et climats. Le coton américain le plus estimé est appelé *Sea Island;* ses fibres, très longues et fort belles, ont une finesse et un brillant que l'on ne retrouve dans aucun autre cotonnier. Il exige des conditions de température spéciale pour se développer convenablement et, transporté dans des régions légèrement au-dessus du niveau de la mer, il s'est modifié et a fourni le *upland* ou *bowed* dont la fibre, moins belle et moins fine que celle de *Sea Island*, est encore cependant de grande valeur.

La culture du cotonnier s'étendrait actuellement sur plus de 11 598 000 hectares qui se répartiraient à peu près comme suit :

Virginie	14 000	hectares
Caroline du Nord	447 000	„
Caroline du Sud	967 000	„
Géorgie	1 668 000	„

Floride	127 000	hectares
Alabama	1 564 000	„
Mississippi	1 339 000	„
Tennessee	292 000	„
Louisiane	624 000	„
Texas	3 252 000	„
Arkansas	785 000	„
Territoires indiens	306 000	„
Oklahoma	187 000	„
Missouri	24 000	„

Mais de tous ces États trois seulement, la Floride, la Géorgie et la Caroline du Sud, produisent la variété la plus estimée, le *Sea Island*. La production totale de ce coton se chiffrait, en 1899-1900 et en 1900-1901, comme suit :

1899-1900	97 555 balles
1900-1901	86 115 balles

Le chiffre le plus fort, 103 516 balles a été atteint en 1896-1897.

D'après les rendements totaux on peut estimer la production moyenne annuelle à 220 kilos de coton par hectare ; le rendement le plus bas a été de 180 kilos par hectare.

Tout en fournissant jusqu'à 80 °/o de la consommation totale du coton, les États-Unis, n'employent pas eux-mêmes 40 °/o de la récolte totale, en sorte que plus de la moitié de la production passe dans d'autres parties du monde et spécialement en Angleterre, le plus grand acheteur du coton américain, comme le montrent les statistiques suivantes :

Distribution du coton brut des États-Unis de 1890 à 1900
(Les années sont comptées du 1er sept. au 31 août)

	Exportation en *milliers* de balles			Consommation aux États-Unis en *milliers* de balles			Pourcentage de la consommation
	En Angleterre	Dans le reste du monde	Total	Nord	Sud	Total	
1890	2 854	2 052	4 906	1 780	545	2 325	32
1891	3 345	2 446	5 791	2 027	613	2 640	30
1892	3 317	2 541	5 858	2 172	684	2 856	32
1893	2 301	2 089	4 390	1 652	723	2 375	36
1894	2 861	2 371	5 232	1 580	711	2 291	30
1895	3 449	3 277	6 726	2 019	852	2 871	29
1896	2 299	2 328	4 627	1 605	900	2 505	35
1897	3 022	2 957	5 979	1 793	999	2 792	32
1898	3 544	3 996	7 540	2 211	1 254	3 465	31
1899	3 525	3 788	7 313	2 217	1 415	3 362	32
1900	2 343	3 603	5 946	2 047	1 597	3 644	39

Comme on peut le voir par une série de données statistiques dont nous ne reproduirons que celles relatives à 1901, c'est le coton *upland* qui est surtout exporté ; l'exportation totale, en 1901, s'est élevée à 6 508 450 balles qui se partagent comme suit, d'après leur provenance :

Sea island	11 373 567	livres	valant	2 237 558	dollars
Upland	3 319 516 581	„	„	311 673 443	„
	3 330 890 148	„	„	313 911 001	„

Ces 3 330 890 148 livres constituaient 6 508 450 balles.

La première manufacture de coton fut construite à Rhode Island, en 1790 ; au milieu du siècle dernier, il y avait en Amérique 1094 manufactures ; ce nombre diminua un peu par suite de la fusion de nombreuses fabriques : en 1894 il était encore de 904. Tandis qu'en 1830 les manufactures de coton n'occupaient en Amérique que 62 000 ouvriers, en 1890 elles en occupaient plus de 222 000 ; elles représentaient un capital de plus de 45 000 000 livres sterling, et consommaient plus de 1 170 000 000 de livres de coton.

On n'a pas de tableau récent sur l'état comparé de l'industrie cotonnière dans les différents pays ; d'après Mulhall, on peut admettre pour 1888 les chiffres suivants :

	Poids consommés en *millions* de livres	Ouvriers en *milliers*	Valeur (en livres sterling)
Angleterre	1 530	504	101 400 000
États-Unis	1 010	200	60 200 000
France	310	110	18 600 000
Allemagne	378	290	23 000 000
Russie	369	180	22 300 000
Autriche	235	150	14 100 000
Italie	152	80	9 100 000
Espagne et Portugal	120	53	7 200 000
Belgique	52	20	3 100 000
Hollande	24	10	1 500 000
Scandinavie	28	10	1 700 000
Suisse	52	30	3 100 000
Inde	283	81	14 200 000
Japon	30	10	1 000 000
	4 573	1 728	281 000 000

En 1899 on estimait la consommation du coton en France, en Allemagne et en Angleterre aux chiffres suivants :

France : 203 000 000 kilos dont 159 500 000 kilos provenaient des États-Unis, 17 500 000 kilos d'Égypte et 13 000 000 kilos des Indes Anglaises.

Allemagne : 330 000 000 kilos.

Angleterre : 737 000 000 kilos.

L'importance acquise en Amérique par la culture du coton et l'industrie cotonnière a attiré l'attention, dans les pays d'Europe, sur ce produit et on a vu s'établir en Angleterre, en Allemagne, en France, des associations cotonnières qui, souvent avec l'appui du gouvernement, font de louables efforts pour développer dans les colonies des régions tropicales et subtropicales la culture de cette plante. En Belgique, la Fédération des fabricants de tissus s'est adressée à l'État du Congo dans le but d'obtenir de ce gouvernement qu'il soit fait des essais de culture du cotonnier en Afrique tropicale.

Dans presque toutes les régions de l'État Indépendant, l'indigène cultive le cotonnier que l'on rencontre souvent à l'état spontané. Nous ne possédons malheureusement pas encore de données sur la valeur commerciale des fibres de ces cotonniers indigènes ; mais il est fort probable que le croisement de ces variétés ou races avec les bonnes variétés américaines pourrait fournir des fibres de valeur.

La présence de cotonniers en certaine abondance dans des districts de l'État permet de supposer que cette culture pourrait être faite avec succès.

Le thé en Chine. — Le thé dont la culture est actuellement faite dans un grand nombre de régions tropicales et subtropicales se consomme d'une manière toute spéciale en Chine. Tous les ans les autorités des régions productrices envoient à la cour une partie de la première récolte, ce qu'ils appellent le " tribut du thé ". Jadis l'Empereur distribuait du thé à ses fonctionnaires et fréquemment les cadeaux des célestes consistaient en thé. Les maisons à thé remplacent en Chine nos cafés et brasseries, c'est là que l'on traite les affaires et que se donnent les rendez-vous.

Dans les magasins, comme dans les familles, le thé est toujours prêt, et pour faire prendre patience au client on lui sert une tasse de thé. Dans les rues, pendant l'été, les familles charitables mettent devant la porte de leur maison un grand réservoir de thé où le public peut puiser à l'aise. Dans la haute société comme parmi les travailleurs, le thé est la boisson ordinaire, on lui attribue d'ailleurs la propriété de rendre la pensée plus

claire. Le riche prend généralement le thé vert, le thé noir est laissé aux classes moyennes et pauvres. La qualité du thé varie suivant son lieu d'origine. Le meilleur thé de Chine proviendrait d'un monastère de l'intérieur de la province Tonkien sur la montagne Ou-Y. Les bonzes ne le vendent pas, le réservant aux visiteurs de distinction ou aux bienfaiteurs du monastère. On vous donne, paraît-il, une dizaine de feuilles, dans une petite tasse qui a tout au plus la contenance d'un coquetier, on y verse de l'eau de la source réputée de la montagne et on recouvre la tasse pendant quelque temps pour faire infuser. Un parfum exquis se dégage et dès qu'on a bu on ressent non seulement un bien-être physique mais encore un épanouissement moral. Cette eau aurait des propriétés très particulières, car quelques grains de riz cuit déposés dans le breuvage se dissolvent totalement. D'après les fins buveurs de thé, le meilleur breuvage se prépare avec de l'eau de pluie ou de l'eau de source chauffée à un certain degré ; il ne faut pas que l'eau ait bouilli pendant plus de cinq minutes : dès que les bulles apparaissent à sa surface, il faut arrêter l'ébullition. La qualité du thé dépend aussi du récipient dans lequel l'eau a été bouillie, certaines terres cuites conviennent tout particulièrement à la fabrication de bouilloires à thé. L'infusion du thé doit être faite très rapidement, en cinq minutes tout au plus si on veut conserver au thé son arome particulier; aussi la boisson doit-elle être d'une couleur claire à peine jaune.

Il existe autour du monastère de U-tchien une plantation de théiers dont les feuilles sont de la grandeur de la main et dont le produit a été même appelé en raison de cela " thé de la main des immortels „ '

Les poèmes célébrant les vertus du thé sont innombrables, la Revue Indo-Chinoise en cite quelques vers assez typiques :

" Pour faire passer gaîment la nuit à ses amis, le pauvre leur offre le thé. „

" Faire le thé avec de la neige, c'est goûter la saveur céleste. „

" Lorsqu'on fait le thé dans la forêt, la fumée chasse la cigogne. „

Le thé après avoir été infusé est séché par le peuple et employé pour rembourrer les matelas comme le varech chez nous.

Les engrais de poisson au Japon et les cultures. — Le Japon prépare chaque année des engrais de poisson en masse

pour son usage et en importe même d'assez notables quantités. Des documents statistiques fournis par le consul de France, M. de Lucy, donnent pour la production moyenne des engrais de poisson au Japon une valeur de 10 000 000 yens dont les 7/10 sont fournis par l'île de Fezo; en outre il entre de provenance étrangère 3 000 000 de kilos de sardines séchées venant de la Corée et qui représentent une valeur de 153 000 yens, 20 700 000 kilos de tourteaux d'huile de poissons venant de la Sibérie (Saghaline et côte) d'une valeur de 1 450 000 yens.

Les engrais employés sont, en effet, de deux sortes : 1° les poissons et les débris de poissons simplement séchés ; 2° les tourteaux qui sont obtenus après extraction de l'huile.

Les Japonais n'emploient guère pour la première catégorie d'engrais que les sardines et les harengs. Les sardines entières sont simplement séchées au soleil et, en général, on emploie seulement pour cette préparation le fretin à moins que des pêches trop considérables n'aient été faites et que l'on ne puisse employer autrement l'excès de poisson. Ces sardines une fois séchées sont emballées dans des sacs grossiers ou dans des nattes.

Pour le hareng la préparation est un peu différente, les seules parties employées sont le squelette avec tête et queue après que les filets, destinés à être fumés ou salés, en ont été séparés.

Quant aux laitances que les Japonais ne mangent pas, elles sont séchées à part pour former un engrais spécial. Les squelettes de harengs sont mis en bottes.

Dans la seconde catégorie d'engrais, il entre un très grand nombre de poissons, mais ce sont encore les harengs et les sardines qui dominent.

Les poissons dont on veut extraire l'huile sont d'abord bouillis dans de vastes cuves, puis pressés dans des presses généralement très primitives. Les résidus sont simplement séchés au soleil.

Il paraît que l'engrais de sardine a une action particulière sur le développement de l'indigo dont il fortifie les tiges et donne aux feuilles une coloration très intense. L'engrais de harengs donne de superbes résultats dans la culture des orangers et les essais effectués aux États-Unis avec cet engrais ont déjà donné des résultats si satisfaisants qu'une exportation notable de poissons séchés pour engrais se fait du Japon vers la Californie.

Les Japonais emploient les engrais de poisson à l'état con-

cassé pour l'amendement des rizières ; pour le blé, les déchets sont broyés et mélangés dans l'eau avec laquelle les cultures seront arrosées.

É. D. W.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

—

Annuaire pour l'an 1904, publié par le Bureau des Longitudes. Un volume de IV-732 pages, avec des notices scientifiques, A. 23, B. 53, C. 41 pages. — Paris, Gauthier-Villars.

Cette année, sont inaugurées les nouvelles dispositions adoptées par le Bureau, en vue de donner plus de développement aux renseignements que l'Annuaire peut fournir au lecteur. Le présent volume contient des tableaux détaillés relatifs à la Physique et à la Chimie, mais ne contient pas de données géographiques et statistiques. Ce sera le contraire pour l'Annuaire de 1905 qui ne donnera pas les tableaux physiques et chimiques et où seront considérablement développés ceux qui se rapportent à la Métrologie, aux Monnaies, à la Géographie et à la Statistique. La même alternance sera observée les années suivantes.

Les données relatives aux *Calendriers* ont reçu plus de développement dans le présent Annuaire. On y a inséré, dans la partie astronomique, le tableau complet des *éléments des petites planètes*, et élargi celui des *étoiles variables*. On a réservé à l'Annuaire de 1905 le *calcul des altitudes* par le baromètre, les *parallaxes stellaires*, les *étoiles doubles*, les *mouvements propres*, la *spectroscopie stellaire*.

Dans la partie physique, on a ajouté : 1° les *éléments magnétiques* en divers points du globe ; 2° des tableaux pour *la correction et la comparaison des baromètres et des thermomètres ;* 3° la *dilatation des liquides*; 4° les *tensions de vapeur* de certains liquides, en particulier du mercure ; 5° les *densités de liquides* et de mélanges de liquides ; 6° des données relatives à la *compressibilité des liquides*, à l'*élasticité des solides*, au *frottement des solides*, à la *viscosité des liquides et des gaz* ; 7° un tableau

des *longueurs d'onde;* 8° la *solubilité* de divers corps dans l'eau et dans l'alcool ; 9° le *pouvoir diélectrique* de plusieurs isolants; 10° des compléments aux tableaux des *indices de réfraction des liquides*, des *chaleurs spécifiques*, des *points critiques*, des *points d'ébullition*, des *résistances électriques* ; enfin, 11° on a donné un tableau des *pouvoirs rotatoires*.

La partie chimique s'est enrichie d'un tableau des principaux *alliages*, et on a reproduit, après revision, les *données thermochimiques* qui, depuis quelque temps, avaient disparu de l'Annuaire.

Le volume se termine par deux notices scientifiques. La première, due à M. Bouquet de la Grye, rend compte des travaux de la *Conférence géodésique internationale* tenue à Copenhague en août 1903 ; la seconde, écrite par M. P. Hatt, est consacrée à l'*Explication élémentaire des Marées*.

Annuaire astronomique de l'Observatoire royal de Belgique, pour 1904. Un vol. in-16 de 439 pages, avec figures et planches hors texte. — Bruxelles, Hayez.

Ce volume est conçu d'après un plan identique à celui de l'année précédente. On y a groupé successivement ce qui a rapport aux calendriers, au Soleil, à la Lune, au système planétaire, aux phénomènes astronomiques et aux étoiles. Viennent ensuite des tables et tableaux d'usage courant ; une notice sur les astéroïdes découverts en 1902 et des notions très nettes sur la mesure du temps et l'usage des éphémérides et des tables de l'Annuaire.

Signalons aussi la notice consacrée au globe terrestre ; le tableau des positions des principaux observatoires ; la latitude, la longitude en temps (par rapport à Bruxelles, à Uccle et à Greenwich) et l'altitude (relative au niveau de la basse mer aux vives eaux d'Ostende) d'un point précis de chaque chef-lieu de canton de Belgique.

La notice sur les marées est suivie de quelques notions sur la dépression de l'horizon, sur les échelles thermométriques, sur l'heure légale à l'étranger, sur l'installation d'un instrument méridien, enfin sur la détermination de l'altitude relative de deux stations par le baromètre.

On y a joint, comme dans le volume précédent, le résumé des observations magnétiques faites à Uccle pendant l'année écoulée, et la liste des travaux publiés par l'Observatoire et se rapportant à l'astronomie et à la physique du globe.

L'ANNUAIRE se termine par une notice de M. Stroobant sur la *Mesure de l'ascension droite des astres et l'usage des mires méridiennes.*

ANNUAIRE POUR L'AN 1904 publié par la Société belge d'Astronomie. Un vol. petit in-8° de 192 pages, avec figures et planches hors texte. — Bruxelles, Larcier.

Le plan de cette utile publication, qui s'adresse au grand public et aux astronomes et météorologistes amateurs, est resté le même. Le présent volume contient une notice de M. J. Vincent sur *La mesure des précipitations atmosphériques :* les appareils, leur installation, leur répartition sur la contrée que l'on veut étudier.

Stoffaes. — COURS DE MATHÉMATIQUES SUPÉRIEURES à l'usage des candidats à la licence ès sciences physiques. Un vol. in-8° de VII-536 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1904.

Nouvelle édition, mise en harmonie avec les nouveaux programmes, d'un manuel excellent, répondant parfaitement aux besoins spéciaux des étudiants des cours de Physique. L'auteur y expose des compléments d'algèbre élémentaire (déterminants, radicaux, analyse combinatoire, imaginaires, notions sur les limites, les séries, les logarithmes); la théorie des dérivées; les données fondamentales de la géométrie analytique élémentaire du plan et de l'espace; la technique du calcul infinitésimal; ses applications géométriques; enfin les premières notions sur la théorie des équations différentielles.

Claro Cornelio Dassen. — ÉTUDE SUR LES QUANTITÉS MATHÉMATIQUES. Grandeurs dirigées. Quaternions. Un vol. grand in-8° de 133 pages. — Paris, Librairie scientifique A. Hermann, 1903.

I. Le concept de la quantité. — II. Les quantités dirigées : sur une droite, dans un plan, dans l'espace. — Appendice : 1. L'analyse constituée uniquement et entièrement avec la notion du nombre entier. 2. Les angles et les arcs dits imaginaires. 3. Sur l'espace à quatre dimensions et les quaternions.

de Maupeou d'Ableiges. — LES THÉORIES DU CHOC ET L'EXPÉRIENCE. Brochure in-8° de 34 pages, avec figures (Extraits du BULLETIN DE L'ASSOCIATION TECHNIQUE MARITIME, session de 1903). — Paris, Gauthier-Villars, 1903.

I. Définition et caractères du choc. — II. Théorie classique. — III. Théorie nouvelle. — IV. Comparaison des deux théories. — V. Résultats d'expériences. — VI. Influence des parties en contact. — Résumé et conclusions : " Comme beaucoup d'autres théories physiques, celle du choc des solides élastiques a procédé par approximations successives.

„ *La théorie classique*... applique les théorèmes généraux de la mécanique sans entrer dans aucun détail. Elle ne se préoccupe pas de la vitesse de la propagation des effets du choc dans la matière; aussi n'est-elle applicable que dans les cas particuliers où cette omission est sans inconvénients... En réalité, c'est la théorie du choc des solides invariables séparés par des tampons élastiques.

„ *La théorie nouvelle* est plus précise et serre de plus près le phénomène ; elle tient compte de la vélocité des déformations et des pressions résultant du choc, mais elle néglige l'influence de la couche superficielle,... et suppose les corps en présence identique dans toute leur longueur. Cette théorie paraît conduire aux véritables lois du choc des corps élastiques, lorsqu'il est bien caractérisé, et assez intense pour que les effets accessoires soient négligeables.

„ ... Les deux théories ne conduisent pas aux mêmes résultats, lorsque les deux corps ne sont pas identiques ; pour trancher la question, il convenait de consulter la nature elle-même.

" *Les expériences de Voigt* ont été faites dans des conditions spéciales, où les causes secondaires pouvaient prendre une grande importance... Elles ont montré que l'influence de la couche superficielle, du bombé et du poli des surfaces, n'est pas négligeable lorsque l'intensité et la durée du choc sont faibles...

„ *De nouvelles expériences* complétant celles de Voigt seraient utiles pour élucider complètement la question. „

Les expériences de Voigt dont il est ici question sont celles qui ont été publiées dans les Annales de Poggendorff, en 1883.

P. Constan. — Cours élémentaire d'Astronomie et de Navigation, première partie, *Astronomie*. Un vol. grand in-8° de 264 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1903.

Cet ouvrage " comprend tout ce qui est exigé des candidats aux brevets simple et supérieur de capitaine au long cours „ en même temps que " tous les renseignements théoriques et pratiques qu'un capitaine de navire moderne peut avoir besoin de connaître „. La première partie est un *Cours d'Astronomie*, la seconde comprendra le *Cours de Navigation*.

A. Laussedat. — Recherches sur les instruments, les méthodes et le dessin topographiques. Tome II. Seconde Partie : *Développement et progrès de la métrophotographie à l'étranger et en France.* Un volume gr. in-8° de 287 pages, 111 figures et 18 planches hors texte. — Paris, Gauthier-Villars, 1903.

Cet important ouvrage a été présenté à nos lecteurs (t. XLVI, 268). Voici l'indication des parties principales du présent volume : Coup d'œil rétrospectif sur l'histoire de la métrophotographie à l'étranger et en France. — Méthodes et instruments de dessin. Innovations principales proposées. — Du parti que l'on peut tirer des photographies obtenues dans des circonstances exceptionnelles ou même de celles que l'on trouve dans le commerce. — Reconnaissances photographiques faites de stations plus ou moins éloignées. Téléphotographie. — La photographie en ballon, et par cerf-volant. — La stéréoscopie appliquée à la construction des plans.

O. Barré. — L'Architecture du sol de la France. Essai de géographie tectonique. Un volume grand in-8° de III-393 pages : 189 figures dont 31 planches hors texte. — Paris, Armand Colin, 1903.

" Il fallait plaider, naguère, pour démontrer la nécessité où se trouvent les géographes d'appuyer leurs études sur les travaux des géologues. Aujourd'hui la cause est entendue, et il n'y a point de traité de géographie digne de ce nom qui ne fasse une part plus ou moins grande aux considérations qui découlent de la géologie. Toutefois ces considérations se bornent le plus souvent à ce qui a trait aux matériaux de la surface du sol, et ce n'est qu'exceptionnellement qu'il est fait allusion à la succession de ces matériaux en profondeur et à la disposition tectonique. En un mot, c'est surtout de la *façade* de l'édifice qu'on s'occupe et non de son *architecture*...

„ A ce silence relatif sur l'architecture du sol, il y avait jusqu'ici une excuse, c'est que les études tectoniques ne faisaient que commencer. Aujourd'hui il n'en est plus de même. En ce qui concerne le sol de la France, les résultats acquis, quoique encore incomplets, sont néanmoins considérables...

" Nous avons cherché à réunir, sous une forme concrète, les éléments divers que la Géologie met à la disposition des géographes pour la description de la France. En particulier, nous

avons voulu donner à la tectonique la part qui lui revient, et pénétrer plus avant dans le détail que ne le font les grandes synthèses dont les travaux de M. Suess ont fourni le point de départ. »

L'ouvrage s'ouvre par une longue introduction (pages 1 à 55) largement illustrée où sont résumées, en termes excellents, les données géologiques relatives aux matériaux du sol, à son architecture, à sa sculpture, à l'évolution de ses formes extérieures et à leurs conséquences géographiques.

L'auteur conduit ensuite le lecteur à travers la France, et lui fait partout toucher du doigt la nécessité pour le géographe non seulement de lire *en plan* la carte géologique des régions qu'il étudie, mais de la déchiffrer *en profondeur ;* bien plus, de chercher à la lire *dans le temps*, afin de restituer par la pensée les formes disparues.

Nous recommandons vivement cet excellent ouvrage à tous ceux qui s'intéressent à la science géographique : il leur rendra de très précieux services.

Ernest Doudou. — Exploration scientifique dans les cavernes, les abîmes et les trous fumants de la province de Liége. Un volume petit in-8° de 342 pages avec figures. — Liége, M. Thone (sans date).

L'auteur a exploré et fouillé un grand nombre des grottes de la province de Liége : il nous donne, dans ce volume, le récit de ces expéditions et le détail de leurs résultats scientifiques.

Ministère de l'Agriculture (Belgique). Enquête sur les eaux alimentaires, rapport de M. **J.-B. André**, inspecteur général de la Fabrication et du Commerce des denrées alimentaires. Première Partie. *Résumé des réponses des administrations communales et de renseignements divers.* Un volume grand in-8° de xv-465 pages. — Bruxelles, A. Lesigne.

La Revue publiera prochainement un article sur les conclusions de cette enquête.

Parmi les ouvrages envoyés à la rédaction de la Revue et dont nous n'avons pu jusqu'ici donner de comptes rendus, nous signalerons :

G. Holzmuller. — Methodisches Lehrbuch der Elementar-Mathematik. Dritter Teil ; Zweite Auflage. Un vol. in-8° de

XIV-370 pages, avec 223 figures dans le texte. — Leipzig, Teubner, 1903.

K. Schreber. — DIE KRAFTMASCHINEN Un vol. in-8° de XII-348 pages. — Leipzig, Teubner, 1903.

E. Haentzschel. — DAS ERDSPHAROÏD UND SEINE ABBILDUNGEN. Un vol. in-8° de VIII-140 pages. — Leipzig, Teubner, 1903.

J. Schreiber, S. J. — DIE JESUITEN DES XVII UND XVIII JAHRHUNDERTS UND VERHÄLTNIS ZUR ASTRONOMIE. Une brochure grand in-8° de 28 pages. — Munster, 1903.

Marcel Brillouin. — PROPAGATION DE L'ÉLECTRICITÉ. HISTOIRE ET THÉORIE. Un vol. in-8° de VI-398 pages. — Paris, A. Hermann, 1904.

Jacques Hadamard. — LEÇONS SUR LA PROPAGATION DES ONDES ET LES ÉQUATIONS DE L'HYDRODYNAMIQUE. Un vol. in-8° de XIII-375 pages. — Paris, A. Hermann, 1903.

R. Robine et **M. Lenglers.** — L'INDUSTRIE DES CYANURES. Étude historique et industrielle *(Encyclopédie industrielle)*. Un vol. grand in-8° de 462 pages. — Paris, Ch. Béranger, 1903.

L. Meunier et **C. Vaney.** — LA TANNERIE *(Encyclopédie industrielle)*. Un vol. grand in-8° de 648 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1903.

E. Boulanger. — GERMINATION DE L'ASCOSPORE DE LA TRUFFE. Une brochure in-4° de 20 pages avec planches. — Rennes et Paris, Oberthur, 1903.

É De Wildeman. — LA VÉGÉTATION DE L'AFRIQUE TROPICALE CENTRALE. Une brochure in-8° de 43 pages. — Bruxelles, Bulens, 1903.

É. De Wildeman. — ÉTUDES DE SYSTÉMATIQUE ET DE GÉOGRAPHIE BOTANIQUES SUR LA FLORE DU BAS ET DU MOYEN CONGO (Extrait des ANNALES DU MUSÉE DU CONGO). Un vol. in-folio de 88 pages avec planches. — Bruxelles, Spineux, 1903.

L. Aguillon. — LÉGISLATION DES MINES EN FRANCE, seconde

édition (*Encyclopédie industrielle*). Un vol. grand in-8° de 1011 pages. — Paris, Béranger, 1903.

C. Colson. — Cours d'Économie politique. Tome II : La propriété des biens corporels et incorporels. Le commerce et la circulation (*Encyclopédie industrielle*). Un vol. grand in-8° de 774 pages. — Paris, Ganthier-Villars, 1903.

Voir dans cette Revue, t. LI, janvier 1902, p. 309, un compte rendu du 1er volume de cet important ouvrage.

Alex. Faidherbe. — Histoire du Syndicat mixte et de l'Industrie roubaisienne. Un vol. grand in-8° de 168 pages. — Roubaix, Reboux, 1903.

Dr A. Faidherbe. — Leçons sur l'Alcoolisme. Un vol. in-8°, de 111 pages. — Bruxelles, Secrétariat de la Société belge de tempérance, 42, rue Dupont. 1904.

R. d'Adhémar. — La Philosophie des Sciences et le Problème religieux (Collection *Science et Religion*). Un vol. in-16, de 64 pages. — Paris, Bloud, 1904.

La Revue de Mathématiques (*Rivista di Matematica*) publiée par **G. Peano**, t. VIII, n° 3, p. 74, contient un article de M. G. Peano, intitulé *De latino sine flexione* que nous signalons à ceux qu'intéresse la question du choix et de la composition d'une langue internationale universelle.

LES

INSTRUMENTS DE PRÉCISION

EN FRANCE (1)

Le but de cette conférence est de faire embrasser d'un coup d'œil d'ensemble, lorsqu'on se place au point de vue de la construction française, le champ des instruments de précision, auxiliaires indispensables de la recherche scientifique.

« Écrire, parler, méditer, agir, a dit Bacon, quand on n'est pas bien pourvu de faits qui jalonnent la pensée, c'est naviguer sans pilote le long d'une côte hérissée de dangers ; c'est s'élancer dans l'immensité de l'Océan sans boussole et sans gouvernail. »

Ces « faits qui jalonnent la pensée », c'est aux instruments de précision que le savant les demande. Les théories les plus séduisantes qu'enfantera son cerveau ne seront que de simples jeux de l'esprit si elles ne sont pas constamment soumises au contrôle de tels faits. C'est dire d'un mot le rôle primordial que jouent les instruments de précision dans l'avancement de nos connaissances, et cela seul suffirait à fixer sur eux notre attention si nous ne savions, par ailleurs, les services éminents qu'ils rendent chaque jour dans l'ordre des applications techniques.

(1) Conférence faite au Conservatoire des Arts et Métiers de Paris, le 15 mars 1905.

Que devons-nous tout d'abord entendre ici par ce mot *instruments de précision?* A quelles frontières, en d'autres termes, bornerons-nous le domaine auquel va s'appliquer notre rapide exploration ?

Afin de nous maintenir autant que possible dans l'ordre des faits scientifiques, nous conviendrons, si vous le voulez bien, de ne considérer que les seuls instruments ayant pour but de *mesurer*, d'*observer* ou de *calculer*. Mais si la considération de leur objet suffit à délimiter les catégories dans lesquelles nous aurons à les puiser, elle ne saurait à elle seule nous permettre de fixer entièrement leur caractère. Pour peu qu'on y réfléchisse on se convaincra que ce caractère tient, avant tout, au soin, à l'exactitude, à la rigueur apportés à la construction de ces instruments, de façon à les rendre aussi voisins que possible du type idéal qu'ils sont destinés à réaliser matériellement. C'est, en un mot, dans leur construction même que s'introduit la précision attachée ensuite aux résultats qu'ils servent à obtenir.

Notre examen se bornera donc, par définition, aux *instruments construits avec précision en vue de mesures, d'observations ou de calculs.*

Mais si vaste est le champ ainsi défini, qu'il peut paraître étrangement téméraire de tenter, en une rapide causerie, d'en donner une description même grossièrement approchée. Telle est pourtant la tâche qu'avec trop peu de réflexion, sans doute, je me suis laissé aller à accepter. C'est au moment de prendre la parole que j'en ressens vraiment tout le poids, et je ne puis, maintenant qu'il est trop tard pour reculer, que m'excuser d'avance des lacunes inévitables que va présenter mon exposé et, sans doute aussi, du défaut de proportions de ses diverses parties. Mais cet exposé ne saurait, dans ma pensée, être autre chose qu'une sorte de sommaire dont les divisions successives seraient de nature à faire l'objet de conférences distinctes, confiées à des spécialistes et que je souhaiterais vivement d'entendre quelque jour dans cette enceinte.

Enfin, je tiens encore à présenter l'observation d'ordre général que voici : les merveilles réalisées dans le domaine que nous allons parcourir ensemble ont toutes pris naissance dans une étroite collaboration du savant qui conçoit et de l'artiste qui réalise. Pour être de nature différente, la part d'invention de chacun d'eux n'en a pas moins droit à toute notre estime. Mais il est beaucoup plus difficile de faire une équitable attribution du mérite qui s'attache aux mille détails intervenant dans l'exécution des instruments que de discerner les auteurs des idées théoriques qui leur ont servi de point de départ.

Je m'efforcerai donc de ne prononcer que des noms d'inventeurs, ne me départissant de cette règle qu'en faveur de quelques constructeurs morts aujourd'hui à qui nous devons l'hommage d'un souvenir reconnaissant. Et je tiens à ce qu'on sache bien, s'il m'arrivait de commettre quelque oubli regrettable, qu'il ne saurait, en aucune manière, être imputable à ma volonté.

INSTRUMENTS DE MESURE

Métrologie

La mesure primordiale, celle d'où dérivent toutes les autres — ne fût-ce que par la précision qu'elle permet justement d'introduire dans les instruments destinés à les donner — c'est celle de la longueur. Elle exige tout d'abord l'exacte connaissance de l'unité propre à la définir, le mètre, et de ses subdivisions.

Étalons de longueur. — Le mètre légal étant, par convention, la longueur à 0° de l'étalon prototype international, le premier problème qui se pose est celui qui consiste à reproduire cet étalon avec toute la précision que comportent les méthodes modernes.

Cette précision peut d'ailleurs se traduire par des chif-

fres. De l'ordre du 0,1 de millimètre environ au début du XVIIIe siècle, elle atteignait celui du 0,01 de millimètre au début du XIXe. Aujourd'hui elle a dépassé l'ordre du 0,001 de millimètre ou *micron* (μ), pouvant aller jusqu'à $0^{\mu},2$ ou $0^{\mu},3$.

La construction des *étalons du premier ordre* a provoqué des recherches du plus haut intérêt, entamées au Conservatoire même sous le patronage de la Commission du mètre et auxquelles restent attachés d'illustres noms.

Ce sont les travaux d'Henri Sainte-Claire-Deville qui ont fixé le choix de la matière (le platine allié à 0,1 d'iridium), ceux de Tresca ayant fait reconnaître la forme la plus avantageuse à donner à la règle. Cette forme, combinée de façon à rendre apparent le plan de la fibre neutre, a permis de tracer dans ce plan même les traits terminaux de la longueur du mètre, gravés sur poli spéculaire et encadrés entre d'autres traits faisant connaître la tare millimétrique.

Les vues de Sainte-Claire-Deville sur l'inaltérabilité du platine iridié se sont trouvées pleinement confirmées par l'expérience acquise avec le temps, attendu qu'en vingt-cinq ans les étalons, soumis à de nouvelles vérifications, n'ont pas accusé la moindre variation appréciable.

Mais le prix élevé de ces règles (qui atteindrait aujourd'hui 18 000 francs environ, après avoir été de 11 000 francs à l'origine) a rendu nécessaire la construction d'*étalons du second ordre*, fabriqués au moyen d'une matière dure, résistante, peu sensible aux agents atmosphériques, peu dilatable et douée d'un coefficient d'élasticité élevé. Les aciers au nickel, dont nous reparlerons tout à l'heure, ont fourni la solution désirée. Ajoutons qu'à l'encontre des étalons du premier ordre, ces étalons du deuxième ordre sont munis d'une division millimétrique dans toute leur longueur.

L'établissement ou la vérification de ces étalons comporte d'une part la comparaison, dans des conditions phy-

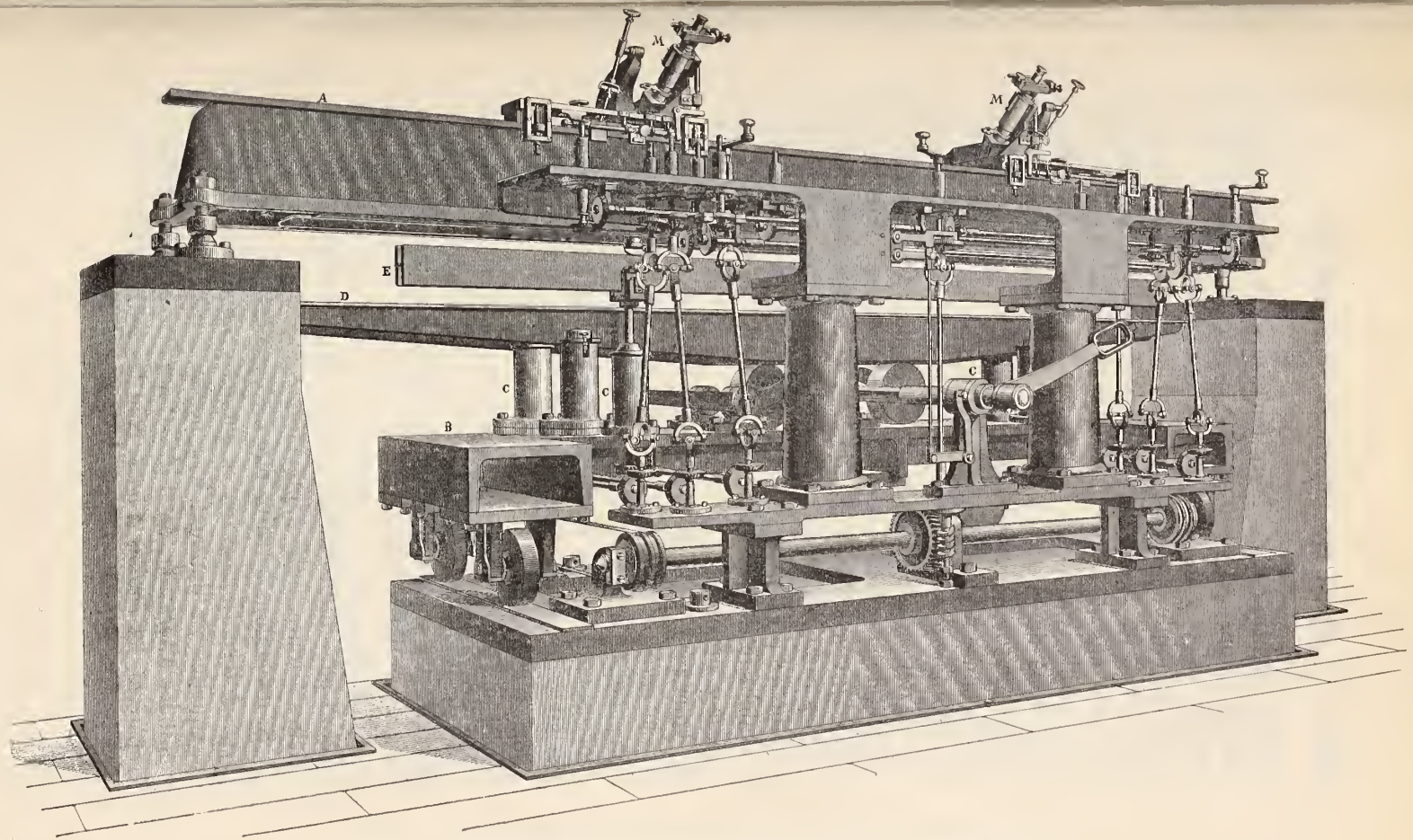


Fig. 1. — Comparateur universel du Bureau international des Poids et Mesures.

siques identiques, de leurs longueurs, de l'autre l'étude des divisions qui y sont tracées à la machine et de leurs multiples, et enfin la mesure de leur dilatation.

Cette triple opération s'effectue au *Bureau international des Poids et Mesures* établi au Pavillon de Breteuil et qu'avec une si haute distinction dirige M. René Benoit.

J'aurai, d'ailleurs, au cours de cette conférence, d'autres occasions de citer cette remarquable institution qui, en raison de son but même, se trouve dominer tout le domaine de la haute précision.

Comparateurs. Machine à diviser. — Les instruments, d'une délicatesse extrême, qu'on emploie à la vérification des étalons à traits, sont les *comparateurs* à microscopes (fig. 1), construits, si l'on peut ainsi parler, avec de véritables raffinements de précision, et employés d'après des méthodes propres à éliminer les erreurs en quelque sorte insaisissables que la construction de l'appareil aurait laissées subsister.

Quant à la division des règles, elle s'obtient au moyen de la *machine à diviser*, fondée sur l'organe mécanique le plus délicat : la *vis micrométrique*, qui permet de faire correspondre à des déplacements angulaires d'amplitude sensible des déplacements longitudinaux dont la petitesse nous échapperait.

Si parfaite relativement que nous paraisse la construction d'une telle vis, elle accuse, en général, lorsqu'on étudie, par comparaison entre elles, ses diverses parties, des irrégularités qui auraient pu faire renoncer à son emploi, si par l'invention de la *correction latérale* Froment n'était parvenu à rendre les effets de ces irrégularités inférieurs à toute limite appréciable.

Si les étalons à traits ont été préférés pour les prototypes internationaux (parce que les comparaisons optiques auxquelles ils donnent lieu ne sauraient y apporter la moindre altération, en si grand nombre qu'on les suppose répétées), les *étalons à bouts* sont les seuls vraiment pra-

tiques si l'on se place au point de vue des besoins de la mécanique de précision.

Les broches servant de jauges ou de calibres étalons sont encore vérifiées à Breteuil, mais cette fois, bien entendu, au moyen de *comparateurs à contacts*. Un comparateur automatique, imaginé par le commandant Hartmann, permet, grâce à d'ingénieuses dispositions mécaniques étudiées par le capitaine Mengin, d'obtenir la différence de longueur des broches soumises à la comparaison en divisant par 2000 l'écartement (de l'ordre millimétrique) entre deux lignes horizontales de points marqués par une pointe fine sur un cylindre enregistreur.

Témoin invariable du mètre. — Quelles que soient les précautions prises en vue d'assurer la pérennité des étalons métriques, on conçoit l'intérêt primordial qu'offrait la découverte, dans la nature même, d'un témoin invariable de leur longueur pouvant être produit à volonté dans des conditions identiques.

Ce témoin, le physicien américain Michelson l'a trouvé dans les longueurs d'onde des vibrations lumineuses qui se révèlent par les phénomènes interférentiels dont la découverte a immortalisé le nom de Fresnel.

Depuis longtemps, Fizeau avait dit que la longueur d'onde, avec ses dimensions multiples, sa petitesse, sa constance et les phénomènes si nets que fournissent les interférences, constitue l'étalon de mesure par excellence. Et il avait lui-même appliqué cette idée dans son admirable dilatomètre, type devenu classique des instruments de mesure de cette nature.

C'est encore au Bureau international de Breteuil que l'élégante solution imaginée par le savant américain a pu être réalisée expérimentalement avec le concours du personnel scientifique de ce Bureau, dont la compétence exceptionnelle en matière de mesures de haute précision a été d'une aide particulièrement efficace pour l'inventeur.

La longueur d'onde de la raie rouge du spectre du

cadmium (qui constitue la radiation la plus monochromatique connue) a fourni l'unité désirée. A l'aide de cette unité la longueur du mètre est exprimée par le nombre 1 553 163, approché au millionième près.

D'autres méthodes interférentielles, comme celle qui est fondée sur l'observation des franges produites par les miroirs demi-argentés, si bien étudiées par MM. Pérot et Fabry, pourront servir de contrôle à cette première détermination.

Quoi qu'il en soit, grâce à la belle expérience de M. Michelson, la métrologie a trouvé, dans la nature même, un fondement immuable qui lui permet de défier toutes les atteintes du temps.

Mesure des longueurs

Des étalons qui viennent d'être définis dérivent les instruments servant à la mesure des longueurs. C'est, avant tout, dans les opérations géodésiques qu'une telle mesure doit être effectuée avec précision.

Règles géodésiques. — Une base de quelques kilomètres servant, en effet, au calcul d'arcs de méridiens de grande étendue, on conçoit qu'il soit nécessaire de déterminer de telles bases avec toute l'exactitude possible. On arrive aujourd'hui à les obtenir avec une approximation qui atteint presque le millimètre par kilomètre.

La méthode de fractionnement de la base par des repères à trait, dont on mesure les écartements au moyen d'une règle unique, a été proposée pour la première fois au début du XIXe siècle par l'ingénieur français d'Aubuisson qui s'en est servi pour mesurer dans la plaine de Turin une base destinée à la détermination de la hauteur de la Superga. Perfectionnée dans ses détails et popularisée par l'ingénieur piémontais Porro, elle est aujourd'hui d'une application générale.

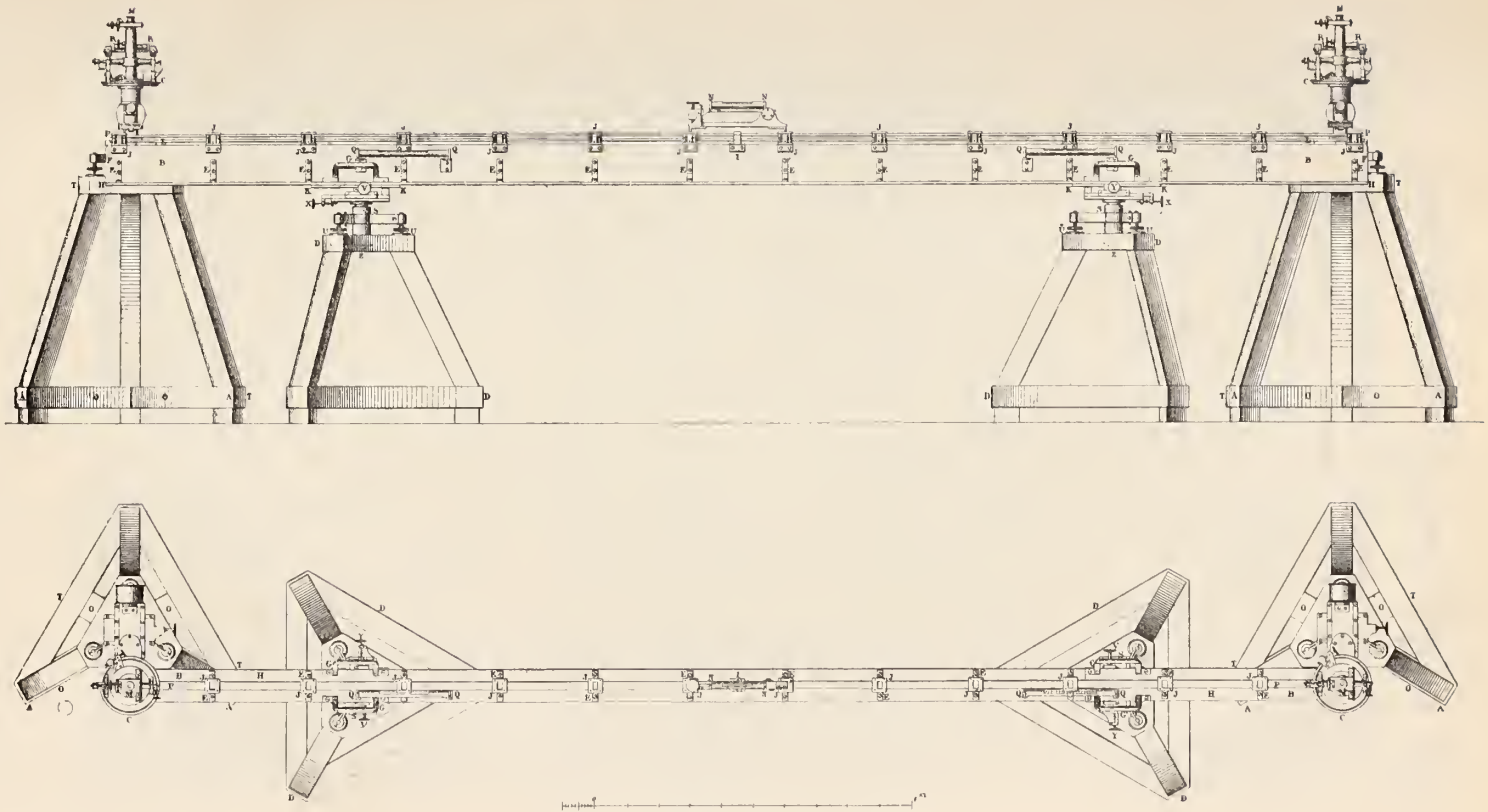


Fig. 2. — Règle géodésique de Brunner.

Les instruments qu'on y emploie sont des *règles à traits* de 4 mètres de long, observées au microscope.

Comme on opère ici, non plus dans un laboratoire où les conditions physiques du milieu ambiant peuvent être réglées à volonté mais en plein air, la correction relative à la température prend une importance capitale. Le principe utilisé pour sa détermination est celui de l'observation de la différence de longueur de deux métaux inégalement dilatables, accolés, principe dont les inventeurs, il ne faut pas l'oublier, furent Lavoisier et Borda.

Aux premières règles bimétalliques en laiton et fer (qui servirent à la mesure des bases de la triangulation algérienne) ont été substituées des règles en platine et laiton, construites par Brunner (fig. 2), qui ont servi au général Bassot pour la mesure des bases de Dunkerque, de Paris et de Perpignan, au général Ibañez et à M. Saavedra pour la mesure de la base de Madridejos, lors de la revision des méridiennes française et espagnole. Quel que soit le soin apporté à l'exacte détermination d'une correction (et ceci est un principe général), il y a toujours avantage à rendre cette correction aussi petite que possible. De là l'intérêt qui s'attache à l'étude des métaux à dilatation extrêmement faible, poursuivie avec tant d'habileté par M. Guillaume, le savant directeur adjoint du Bureau international de Breteuil, et qui l'a conduit à ces aciers au nickel, généralement connus aujourd'hui sous le nom de métal Guillaume ou *invar*, dont les variations de composition permettent d'obtenir, en quelque sorte, sous le rapport de la dilatation, tout ce qu'on veut. Une règle de 4 mètres de ce métal, destinée au Service géographique de l'Armée, est soumise en ce moment même à l'étalonnage au Pavillon de Breteuil. Il suffit, avec une telle règle, de connaître la température à un degré près pour que l'erreur soit insignifiante.

La complication que comporte l'emploi des règles observées au microscope a fait rechercher des moyens

plus rapides de mesurer avec précision de grandes longueurs. Une solution très pratique a été fondée par le professeur suédois Jaederin sur l'emploi de rubans ou de fils métalliques sous tension constante. Ici, et bien mieux encore, l'emploi du métal Guillaume a permis de rendre extrêmement petite la correction relative à la température, au point même que, pour des fils de 24 mètres de longueur, un écart de température de 30 degrés n'introduit qu'une variation négligeable ; autant dire que, dans ce cas, l'effet de la température est réduit à rien.

Mesure des très petites longueurs. — A l'opposé des longueurs relativement grandes que constituent sur le sol les bases géodésiques, on a parfois, dans les laboratoires ou les ateliers, à mesurer des longueurs extrêmement petites échappant à la possibilité de mesures directes parce qu'inférieures aux plus minimes fractions des règles divisées, appréciables à vue.

C'est encore la vis micrométrique qui, dans les cas où on peut opérer par contact, fournit ici la solution. Les instruments dont elle constitue l'organe essentiel, *sphéromètres* ou *palmers*, permettent, lorsqu'ils sont construits avec soin et maniés avec précaution, d'atteindre une haute précision, plus élevée, bien entendu, lorsqu'ils servent à obtenir des comparaisons que lorsqu'on leur demande des valeurs absolues. Employé comme comparateur, un bon sphéromètre arrive à donner l'approximation du micron.

Procédés interférentiels. — Mais, dans ce domaine de l'extrême petitesse, ce sont, on le conçoit sans peine, les *franges d'interférence* qui se prêteront aux mesures les plus précises.

Les longueurs d'onde des radiations du cadmium, employées, comme nous l'avons vu, par M. Michelson, pour l'étalonnage physique du mètre légal, sont devenues entre les mains de MM. Benoit, Chappuis, Macé de Lépinay, Pérot et Fabry de véritables étalons se prêtant aux mesures les plus délicates.

Le phénomène des *franges de superposition blanches*, obtenu par ces deux derniers savants au moyen de lames parallèles à demi-argenture, d'un pouvoir réflecteur élevé, leur a permis d'atteindre à un degré de précision presque invraisemblable. L'*interféromètre* (fig. 3) dans lequel est appliqué ce principe permet de mesurer des longueurs de 10 à 15 centimètres à quelques centièmes de micron près.

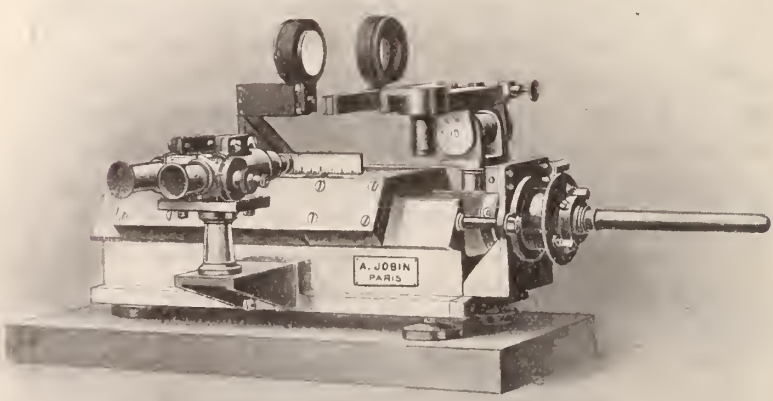


Fig. 3. — Interféromètre de Pérot et Fabry.
(*Construit par la maison Jobin, à Paris.*)

La réalisation matérielle d'un tel instrument peut être citée comme une merveille de délicatesse et de précision. L'achèvement du réglage, qui exige des déplacements angulaires de l'ordre du quarantième de seconde, et linéaires de l'ordre du centième de micron, y est obtenu à l'aide de petits soufflets en caoutchouc pleins d'eau dont on peut faire varier la pression en les reliant par un tube également en caoutchouc à un réservoir de hauteur variable. La simple pression ainsi produite sur des pièces

d'acier rigide, ou presque, permet d'atteindre à un réglage absolument parfait.

M. Jobin, qui a réalisé ce tour de force de construction, a appliqué à son tour le principe de MM. Pérot et Fabry dans un instrument combiné d'après une idée de M. l'ingénieur des ponts et chaussées Mesnager en vue de l'étude des déformations élastiques des pièces de pont.

Mesure des angles

Avec la longueur, la grandeur géométrique la plus importante à considérer est l'angle. Ici, l'unité de mesure étant fournie par la circonférence entière, il n'y a pas lieu de parler de son étalonnage. Seule sa division est à considérer.

A l'antique division sexagésimale du cercle en degrés, minutes et secondes, on a proposé, lors de la création du système métrique, de substituer la division centésimale en 400 grades subdivisés eux-mêmes en décigrades, centigrades, etc... C'est dans ce système d'unités qu'ont été exécutés tous les calculs de la *Mécanique céleste* de Laplace. L'obstacle à sa diffusion a été pendant longtemps l'absence de tables trigonométriques centésimales. Cet obstacle n'existe plus aujourd'hui et le nouveau système d'unités est maintenant généralement adopté par les géodésiens, alors que les astronomes et les navigateurs continuent à avoir recours à l'ancien.

C'est donc tout d'abord de la perfection de la *machine à diviser le cercle* que résultera la plus ou moins grande précision de la mesure des angles.

Il est bon de rappeler à cette occasion que la première idée de la vis tangente qui a permis la réalisation d'une telle machine appartient à un Français, le duc de Chaulnes, dont la conception primitive a été perfectionnée suc-

cessivement par Ramsden, Gambey, et, dans la période contemporaine, par Froment, Brunner, Eichens.

On arrive aujourd'hui dans les bonnes machines à répondre de l'exactitude des divisions à 0″,6 près.

Mais quelque parfaites que paraissent à première vue les divisions de cercle obtenues à la machine, elles doivent toujours être tenues pour suspectes, et il est indispensable, lorsqu'on recherche une haute précision, de recourir à des procédés de mesure propres sinon à éliminer rigoureusement les erreurs de ces divisions, du moins à rendre leur effet absolument négligeable.

Avant d'en dire un mot, remarquons que l'application du principe utilisé pour la mesure des angles suppose le cercle mobile (qui tantôt porte l'index de la lecture et tantôt la graduation) exactement centré sur son axe de rotation. Cette condition est, en réalité, extrêmement difficile à obtenir en toute rigueur, et l'habileté des constructeurs consiste à en approcher le mieux possible.

Il n'en est pas moins vrai que les deux grands ennemis contre lesquels on doit se mettre en garde dans les déterminations d'angles sont les erreurs de division et d'excentricité.

Fort heureusement l'analyse mathématique a permis de démontrer qu'il suffisait, pour rendre ces erreurs négligeables, de faire correspondre à une visée non pas la lecture faite à un seul index mais la moyenne de celles qui sont faites à plusieurs index disposés au sommet d'un polygone régulier, la précision augmentant d'ailleurs rapidement avec le nombre de ces index.

Ce nombre, qui est généralement de six dans les instruments d'astronomie, se réduit à quatre dans ceux de géodésie et à deux dans ceux qui servent aux levers courants. On peut d'ailleurs multiplier fictivement le nombre de ces index par la *méthode de la réitération*.

Rappelons que l'introduction, dans la pratique des géodésiens français, de cette précieuse méthode a été,

il y a une quarantaine d'années, le fait du capitaine, depuis général, Perrier, employé alors, sous les ordres du colonel Levret, de l'ancien corps des ingénieurs géographes, à la triangulation du rattachement anglo-français.

L'évaluation des fractions de division qui entrent dans la lecture des index se fait au moyen soit du *vernier*, cet ingénieux dispositif inventé dès le début du XVIIe siècle par un Franc-Comtois dont il porte le nom, soit du microscope micrométrique dont le principe a été ensuite découvert, indépendamment l'un de l'autre, par Gascoigne (1640) et Auzout (1667).

Longtemps réservé aux seuls instruments d'astronomie, ce dernier organe a été depuis lors appliqué à ceux de géodésie ; et c'est encore à Perrier qu'il convient de faire honneur de cette initiative.

Enfin l'introduction du micromètre dans les oculaires mêmes, toujours préconisée par Perrier, a permis d'accroître dans une large mesure l'exactitude des pointés.

Rappelons à cette occasion que c'est un Français, l'abbé Picard, un des plus grands géodésiens qu'ait produits le XVIIe siècle, qui a, le premier, eu l'idée d'adapter la lunette à réticule au cercle divisé, ouvrant ainsi la porte à tous les progrès ultérieurs.

La mesure des angles intéresse surtout l'exacte détermination de la position des points soit dans le ciel, et c'est l'objet de l'*astronomie de position*, soit sur la terre, et c'est l'objet de la *géodésie* ou de la *topométrie* (1) suivant que la détermination s'applique à une région de la terre assez étendue pour qu'il y ait lieu de tenir compte de sa courbure, ou non.

Instruments astronomiques. — La fixation de la position des astres se ramène, comme on sait, à la mesure de deux

(1) J'entends ici, avec le colonel Goulier, par *topométrie* la partie de la topographie qui a pour objet les mesures géométriques effectuées sur le terrain en vue des levers.

angles (ascension droite et déclinaison) qui s'effectue au moyen des *instruments méridiens* complétés par l'horloge sidérale.

L'établissement de ces grands instruments exige une connaissance approfondie des ressources les plus variées de la haute mécanique, qui n'a jamais fait défaut à l'ingéniosité de nos constructeurs français formés à l'école de Gambey, de Lerebours et Secrétan, de Brunner, d'Eichens.

Mais alors que jadis, vu les dimensions de ces instruments, on s'attachait surtout à les faire aussi légers que possible, sans se soucier de leurs flexions qui étaient loin pourtant d'être négligeables, on s'efforce aujourd'hui de faire disparaître ces flexions autant qu'il est possible. L'emploi de la fonte de fer, combiné avec des formes calculées en vue du maximum de résistance, a permis d'obtenir des résultats si satisfaisants qu'il résulte d'expériences faites par M. Lœwy, au moyen d'un appareil spécialement imaginé pour apprécier les effets de la flexion, que ceux-ci, dans les instruments les plus récents, peuvent être tenus pour négligeables.

Toutes les causes d'erreur tenant à l'élasticité des pièces qui composent ces énormes masses ont été mises en lumière, minutieusement analysées, et jamais l'imagination des constructeurs ne s'est trouvée en défaut pour les faire disparaître. C'est ainsi, par exemple, que certain effet de torsion des rayons convergents des grands cercles muraux a pu être conjuré par M. Gautier grâce à l'emploi de rayons croisés.

Il suffit, pour donner une idée des résultats obtenus dans cette voie, de dire qu'avec des cercles méridiens d'une masse de 1500 kilogrammes environ (fig. 4), on fait maintenant les déterminations d'angles à quelques dixièmesde seconde près.

Le *bain de mercure*, accessoire obligé des instruments méridiens, à qui il permet d'effectuer le pointé du nadir, a été, de son côté, doté de la stabilité qui lui a fait si long-

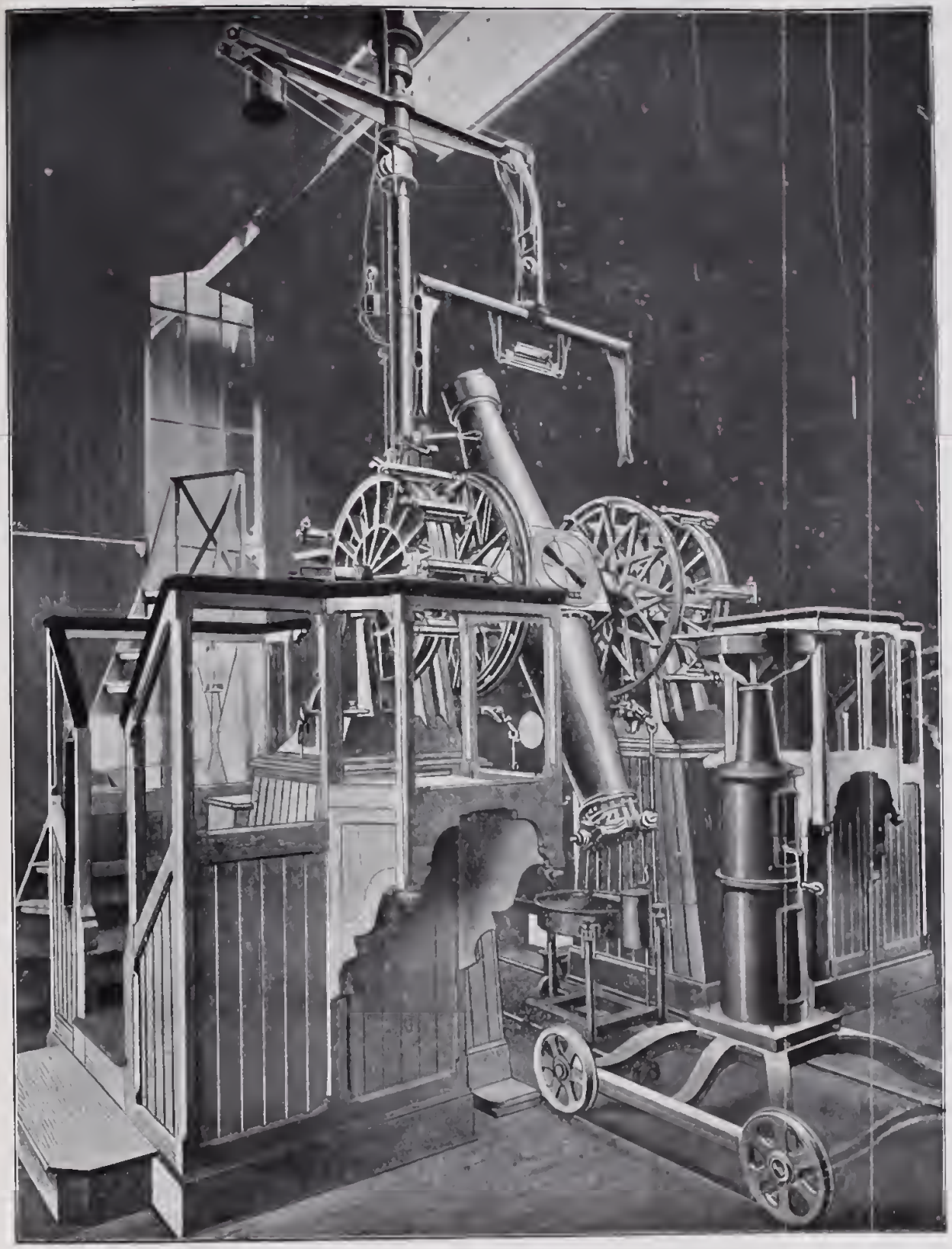


Fig. 4 — Grand cercle méridien de l'Observatoire de Toulouse.
(Construit par la maison Gautier, à Paris.)

temps défaut, grâce soit à l'amincissement de la couche de mercure proposé par M. Gautier, soit à l'emploi de la suspension élastique inventée par M. Hamy.

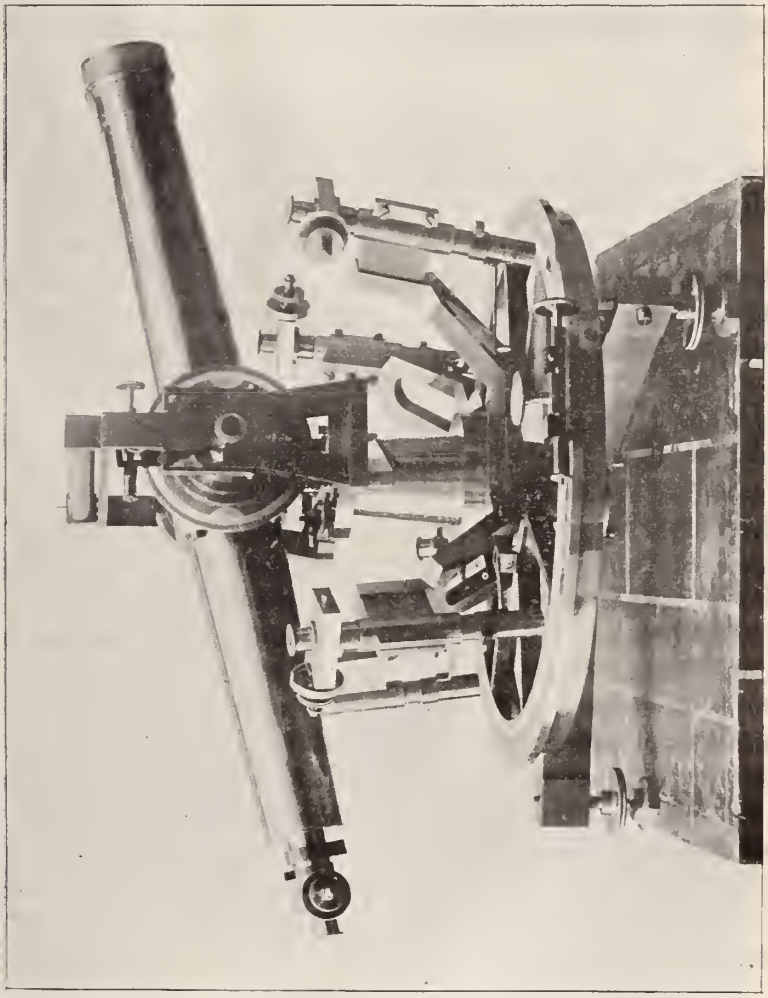


Fig. 5 — Cercle azimutal réitérateur du Service géographique de l'Armée.

Instruments géodésiques. — Dans l'ordre des instruments géodésiques, c'est du type du *cercle azimutal* (fig. 5) créé par Perrier, avec la collaboration de Brunner, pour le

Service géographique de l'Armée, que dérivent les dispositions principales des instruments modernes. Ce cercle, réitérateur, à limbe de $0^m,40$ de diamètre, est muni de quatre microscopes micrométriques donnant directement les 4″ (et les 0″,4 par estime) et d'un oculaire micrométrique donnant pour le pointé les 5″ directement (et les 0″,5 par estime) (1).

Dans le même temps, Perrier, toujours avec la collaboration de Brunner, réalisait les premiers *théodolites réitérateurs* à verniers, qui ont été utilisés pour les opérations du deuxième ordre en Algérie.

C'est vers 1886 que l'adaptation des microscopes au théodolite réitérateur (fig. 6) a été effectuée par le lieutenant-colonel Bassot, aujourd'hui général et directeur du Service géographique de l'Armée.

Le commandant Bourgeois, chef de la section géodésique de ce service, a, de son côté, introduit dans ce théodolite l'oculaire micrométrique.

Le général Bassot et le commandant Bourgeois ont d'ailleurs été secondés pour cette partie de leurs travaux par un mécanicien de grand mérite, M. Huetz, formé à l'école de Brunner.

J'ai déjà prononcé plusieurs fois ce nom de Brunner, qui revient à chaque instant dans l'histoire de la transformation moderne des instruments de mesure. Les grands artistes qui l'ont porté ont laissé des exemples qui ont pu servir de guides aux constructeurs français venus à la suite.

La variété des types des cercles et théodolites employés en géodésie est très grande, chaque constructeur s'ingéniant soit à corriger quelque cause d'erreur mise en lumière par l'expérience, soit à introduire quelque commodité nouvelle dans le maniement de l'instrument. Il ne

(1) Il n'est pas inutile de rappeler que c'est de la création de cet instrument que date, dans la mesure des triangles géodésiques, la substitution des angles du triangle sphérique (c'est-à-dire des dièdres formés par les verticaux passant par les sommets visés) aux angles du triangle plan.

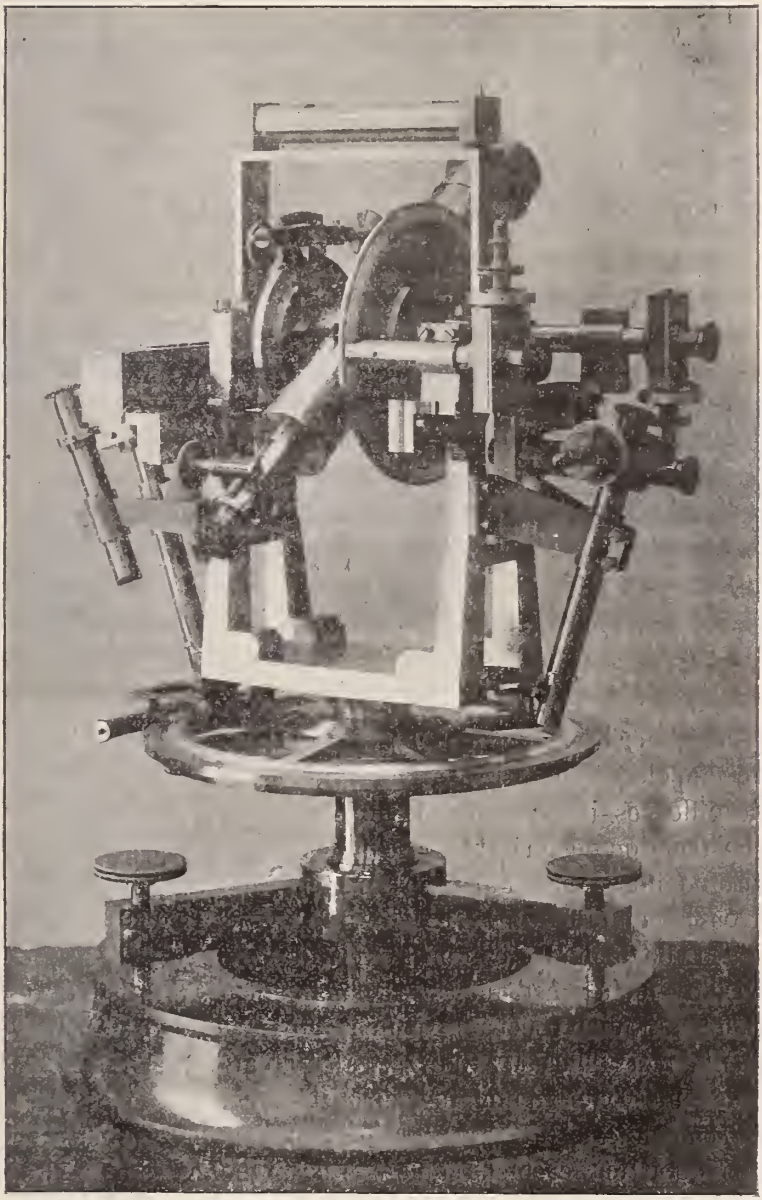


Fig. 6. — Théodolite réitérateur du Service géographique de l'Armée.

saurait être question ici d'entrer dans aucun détail au sujet de ces dispositifs dont il nous suffit de signaler l'existence.

Instruments méridiens portatifs. — Les instruments géodésiques comprennent encore les *instruments méridiens portatifs*, dans lesquels, sous une forme réduite, se trouvent reproduites les dispositions principales des grands

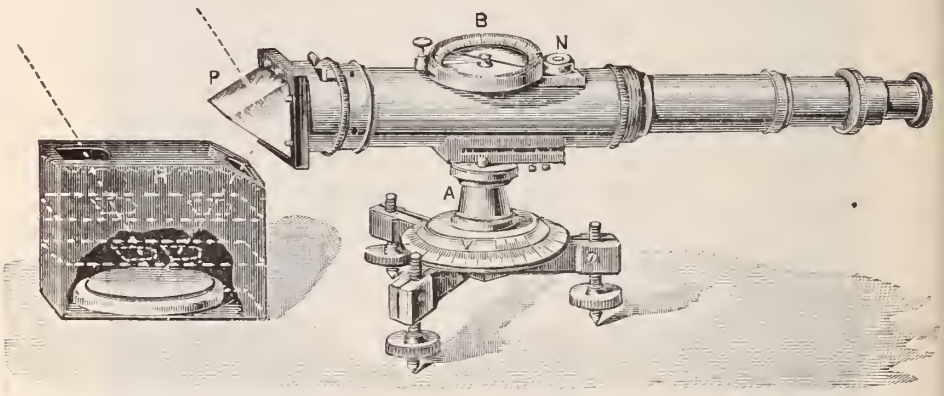


Fig. 7. — Astrolabe à prisme.
(*Construit par la maison Vion, à Paris.*)

cercles méridiens des observatoires. Il est d'ailleurs juste de rappeler l'étude très soignée que l'astronome Laugier a faite de ces instruments. Leur emploi exige d'ailleurs la construction de véritables petits observatoires provisoires, qui ne laisse pas, dans certains cas, d'entraîner d'assez grosses complications.

En vue de déterminer sur le terrain l'heure et la latitude au moyen d'un instrument aussi maniable qu'un théodolite et offrant une précision comparable à celle des instruments méridiens, M. Claude, calculateur au Bureau des longitudes, vient d'imaginer un instrument fort simple, dit *astrolabe à prisme* (fig. 7), qui permet d'appliquer sous une forme particulièrement commode la méthode des hauteurs égales de Gauss. Il se compose d'un prisme droit de flint, à base triangulaire équilatérale, dont deux faces renvoient

horizontalement dans une lunette les rayons émanant d'une étoile et de son image réfléchie dans un bain de mercure d'une disposition très pratique. Les études poursuivies sur l'emploi de cet instrument par M. l'ingénieur hydrographe Driencourt, contribueront à donner une grande précision aux résultats qu'on en peut attendre.

Les opérations géodésiques doivent être, autant que possible, complétées par la détermination, en certains points, des *éléments magnétiques*. Les instruments propres à cet usage (c'est-à-dire donnant les moyens de déterminer la déclinaison, l'inclinaison et la composante horizontale), primitivement conçus par Gambey, ont été considérablement perfectionnés par M. Moureaux, le savant chef du Service magnétique de l'observatoire de Saint-Maur.

Instruments topométriques. — Les *instruments topométriques* destinés aux mesures courantes ne diffèrent pas essentiellement des instruments géodésiques, mais, en vue de les rendre plus particulièrement aptes aux opérations de tel ou tel genre, on a, pour ainsi dire, varié à l'infini leurs dispositions de détail. C'est ici surtout qu'il y aurait lieu de louer l'esprit inventif et l'habileté professionnelle de nos constructeurs et notamment, pour ne citer que les morts : Lenoir, Gravet, Richer, Bellieni, Balbreck, Parent, Secrétan.

Les efforts de plusieurs d'entre eux ont d'ailleurs, pendant de longues années, été dirigés par les vues théoriques du colonel Goulier, dont le nom n'a pas cessé de faire autorité dans le domaine de la topométrie.

Notons en passant qu'en vue de la polygonation de la refonte du cadastre, M. l'ingénieur en chef des mines Lallemand vient d'arrêter les dispositions d'un théodolite (fig. 8) dans lequel, grâce à des microscopes coudés, l'opérateur fait toutes ses lectures d'azimut et de hauteur en restant dans la position qu'il occupe pour le pointé.

Dans cet instrument les verniers sont supprimés, et les graduations des cercles, en décigrades, sont lues au moyen

de microscopes d'un grossissement suffisant pour que la simple estime donne aisément le centigrade.

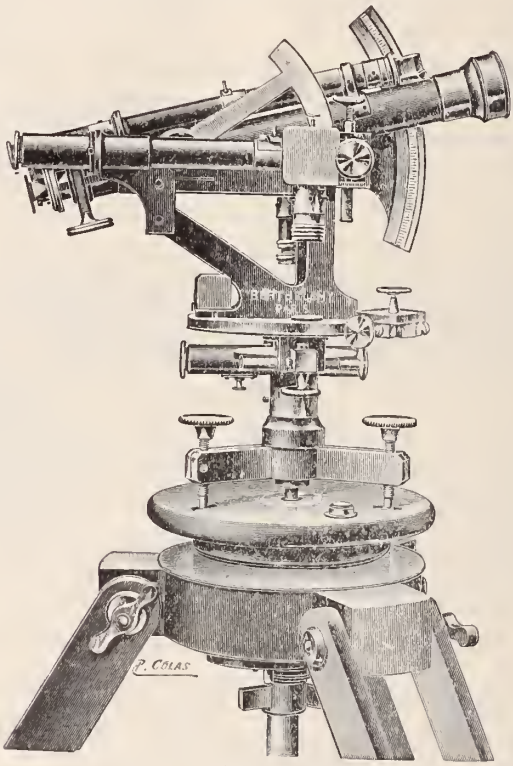


Fig. 8. — Théodolite du Cadastre.
(*Construit par la maison Ponthus et Therrode, à Paris*)

Mesure optique des distances. Tachéomètres. — Un des traits essentiels de la topométrie moderne consiste dans la mesure des longueurs par des moyens optiques qui se réduisent en principe à des lectures faites dans deux directions très voisines, c'est-à-dire laissant entre elles une très petite parallaxe, sur des mires graduées dites *stadias*.

Cette méthode qui n'offrirait pas, pour les besoins de la géodésie, la précision requise, est largement suffisante pour les opérations topométriques auxquelles elle assure à

la fois beaucoup plus de commodité et de rapidité, d'où le nom de *tachéomètre* (instrument rapide) donné aux théodolites pourvus des dispositifs optiques destinés à la mesure des distances.

L'invention, par Porro, de la *lunette anallatique* provo-

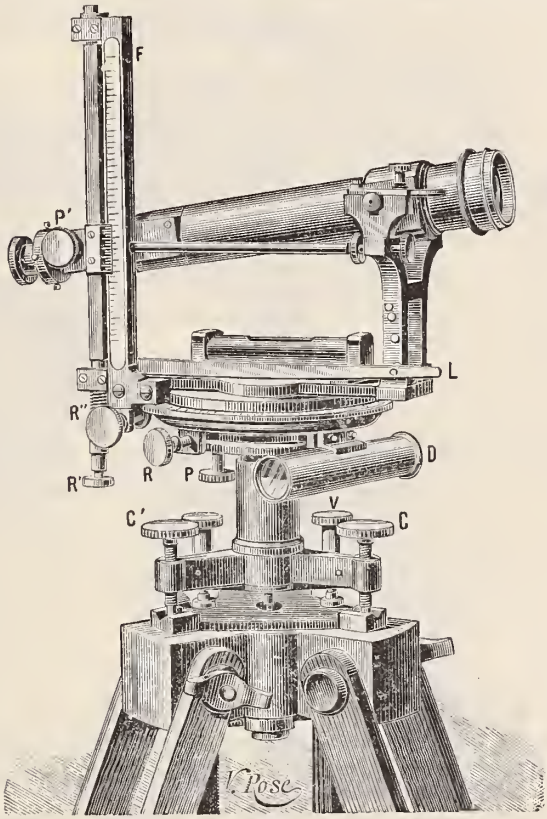


Fig. 9. — Tachéomètre auto-réducteur de Sanguet.

qua l'essor définitif de cette méthode déjà essayée, notamment en Bavière par Brandes, et dont le vulgarisateur en France fut Moinot qui combina, avec le concours de Richer, les dispositions des premiers tachéomètres employés chez nous.

Perfectionnées d'abord par Brunner, ces dispositions ont

été peu à peu complétées dans la suite de façon à suppléer par l'observation directe aux calculs qu'exigeait, à l'origine, la réduction des lectures fournies par l'instrument.

Parmi ces tachéomètres auto-réducteurs nous citerons spécialement celui qui a été imaginé par M. Sanguet, ingénieur topographe, dont l'ingéniosité comme mécanicien est doublée d'une longue expérience personnelle des opérations sur le terrain.

Un des traits originaux des instruments de M. Sanguet consiste dans l'introduction de butées mécaniques d'une extrême précision pour obtenir, par la variation d'une ligne de visée unique, les petites parallaxes nécessaires à l'évaluation des distances par lecture sur des mires.

Dans son *tachéomètre auto-réducteur* (fig. 9), dans son *longi-altimètre*, ce principe est appliqué sous des formes différentes et fort bien combinées.

Il a eu aussi l'idée de faire naître la parallaxe au moyen de la déviation de la ligne de visée produite par un prisme de très petit angle qui peut se rabattre sur l'objectif de la lunette et auquel il a donné le nom de *diastimomètre*. Grâce à des graduations convenablement calculées, il est facile d'orienter l'arête du prisme de façon à avoir par une lecture directe la distance réduite à l'horizon ou la différence de niveau.

L'expérience d'opérateur de M. Sanguet l'a également conduit à doter ses instruments de moyens de contrôle fondés sur l'obtention simultanée de lectures sans relation simple immédiate entre elles, mais qui, combinées par voie d'addition ou de soustraction, doivent donner lieu à de telles relations.

Mesure des altitudes. Niveaux. — Les levers topométriques doivent être complétés par des mesures de différences de niveau dont l'importance est capitale.

L'application du *niveau à bulle* aux mesures de ce genre rappelle encore les noms français de Thévenot, de Chézy, d'Egault, de Lenoir, de Bourdaloue (dont l'habileté est

restée légendaire depuis le fameux nivellement de l'isthme de Suez, qui a démontré définitivement la possibilité d'ouvrir le canal), enfin du colonel Goulier.

L'instrument le plus parfait dans lequel est réalisée

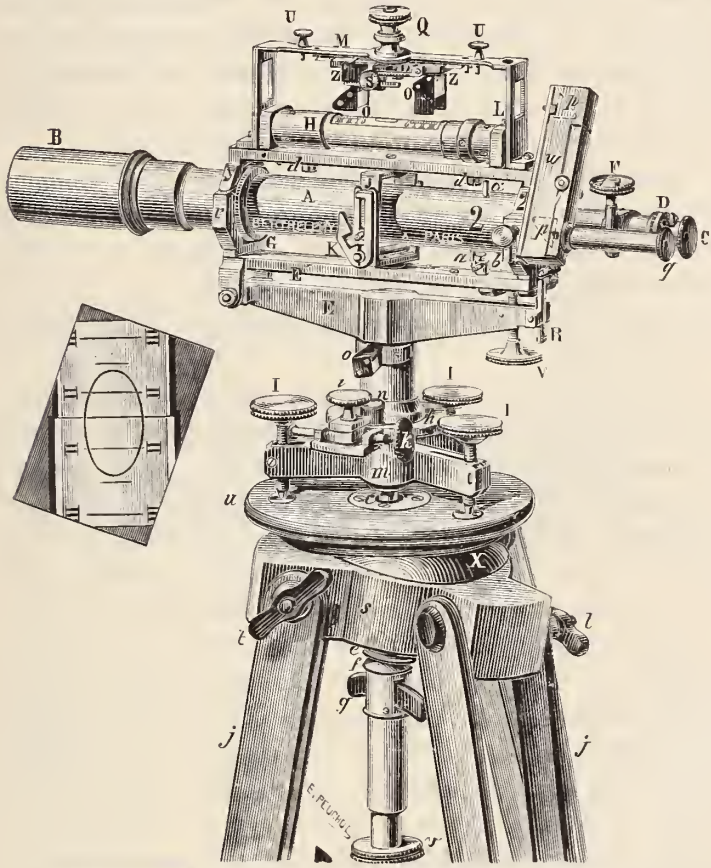


Fig. 10. — Niveau du nivellement général de la France.
(*Construit par la maison Ponthus et Therrode, à Paris.*)

cette application est sans doute le *niveau à fiole indépendante* (fig. 10) dont les dispositions ont été arrêtées par la *Commission du nivellement général de la France*, à la suite des études très savantes et très minutieuses du colonel Goulier, et qui a été encore perfectionné dans ses détails par MM. Lallemand et Klein.

La *mire parlante compensée* qui le complète est également l'œuvre du colonel Goulier.

Grâce à une étude approfondie des causes d'erreurs qui interviennent dans ces mesures particulièrement délicates et des moyens de les éliminer, M. l'ingénieur en chef Lallemand, en instituant de rigoureuses méthodes de contrôle, est parvenu à établir le réseau fondamental du nivellement général de la France avec une erreur moyenne kilométrique qui dépasse à peine le millimètre.

Dans les levers tachéométriques, les différences de niveau sont maintenant obtenues directement, de même que les distances, par des lectures sur la mire, et d'ingénieuses dispositions ont été proposées en vue de fournir sans calcul les valeurs absolues des cotes qu'il s'agit de relever.

Tachéographe. — En vue du maximum de célérité dans les levers topométriques, on s'est préoccupé de combiner des instruments qui non seulement fournissent par une lecture directe les angles horizontaux, les distances réduites à l'horizon et les différences de niveau, mais qui soient propres, en outre, à donner mécaniquement sur le plan à construire la position précise des points relevés.

Le principe d'un tel instrument a été donné, sous le nom d'*homographe,* par deux savants officiers du génie, MM. Peaucellier et Wagner (dont l'un, devenu général et président du Comité du Génie, s'est acquis une célébrité universelle par la belle découverte de l'*inverseur* qui porte son nom).

Sous le nom de *tachéographe* (fig. 11) une solution fort élégante a été obtenue pour le même problème par M. Schrader, le géographe bien connu. L'organe essentiel de cet instrument est une came hyperbolique dont la réalisation matérielle offrait une difficulté exceptionnelle, attendu qu'il s'agissait d'atteindre en chaque point une exactitude de l'ordre du micron. Cette difficulté a été vaincue par M. Carpentier à qui l'on doit l'étude de détail

de l'appareil et qui l'a, en outre, doté d'une mise au point automatique permettant d'accroître encore très sensiblement la rapidité des opérations.

Lorsque les fils stadimétriques de la lunette ont été amenés à bissecter les voyants fixes de la mire tenue horizontalement au-dessus du point à relever, il suffit d'appuyer sur le traçoir pour marquer sur le plan (matérialisé sous

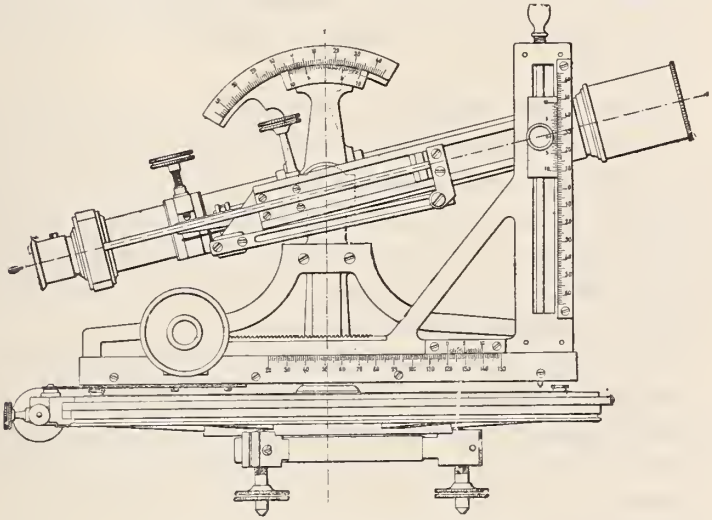


Fig. 11. — Tachéographe Schrader.
(*Construit par la maison Carpentier, à Paris.*)

forme d'un disque en zinc) la position du point correspondant.

Inversement cet instrument donne la plus grande facilité pour le report des points sur le terrain.

Instruments nautiques. — Les besoins de la navigation ont, comme on sait, depuis longtemps fait naître des types spéciaux d'instruments de mesure d'angles, à l'occasion desquels je ne puis me dispenser de rappeler les noms des constructeurs Lorieux et Hurlimann. L'impossibilité, vu l'instabilité du navire, d'obtenir les angles par deux visées successives, a rendu indispensable l'adoption d'instruments propres à les donner par une seule visée.

C'est le principe de la double réflexion, découvert par Newton, qui a fourni à l'immortel auteur des *Principes* la solution du problème sous forme du sextant réalisé pour la première fois en 1734 par Halley.

Le perfectionnement le plus notable apporté depuis lors aux instruments à réflexion a été obtenu dans le cercle imaginé d'abord par Mayer et modifié par Borda, à l'aide duquel, il y a lieu de ne pas l'oublier, le fameux ingénieur hydrographe Beautemps-Beaupré a effectué tous les levers qui ont illustré son nom.

Comme utile complément du sextant, on doit citer le *gyroscope collimateur* de l'amiral Fleuriais qui utilise les propriétés bien connues de la toupie pour fournir, à bord d'un navire secoué de mouvements quelconques, un horizon artificiel propre à la mesure de la hauteur des astres lorsque l'horizon naturel de la mer manque de netteté ou même est totalement invisible.

Il est juste d'ajouter que l'emploi de cet ingénieux appareil n'est devenu vraiment pratique que depuis que MM. Ponthus et Therrode ont trouvé un moyen très simple et très sûr de lancer et de faire tourner le gyroscope dans le vide relatif, assurant ainsi une trentaine de minutes à l'observation.

En vue de corriger l'influence non négligeable de la rotation terrestre sur ce gyroscope, M. l'ingénieur hydrographe Favé poursuit, en ce moment même, de savantes recherches, d'où sortira sans aucun doute la solution définitive du problème.

Pour la mesure angulaire des distances à la mer, assurée déjà par le *micromètre* Lugeol, l'amiral Fleuriais a cherché à utiliser aussi la double réflexion en simplifiant les dispositions du sextant.

Le commandant Guyou, à qui l'art de la navigation est redevable de tant de progrès, a complété ces dispositions par l'adjonction d'un tambour portant une graduation spé-

ciale qui permet de lire directement sur l'instrument la distance cherchée sans avoir à faire aucun calcul.

Je ne puis terminer ce qui a trait aux instruments nautiques sans rappeler que c'est à sir W. Thomson, aujourd'hui lord Kelvin, qu'est dû l'admirable *compas* universellement employé maintenant dans toutes les marines du monde, et que complète si heureusement le *déflecteur* permettant d'annuler les déviations sans le secours de points de repère extérieurs.

Intégrateurs. — La mesure de toutes les autres grandeurs géométriques (surfaces, volumes, moments,...) peut se ramener à des mesures de longueurs ou d'angles.

Il est intéressant toutefois de signaler une catégorie spéciale d'instruments permettant la mesure directe des surfaces en la ramenant à la simple évaluation du roulement d'une roulette, ou même de la longueur d'un segment de droite : ce sont les *intégrateurs*.

Le type le plus classique de ces intégrateurs est le *planimètre* d'Amsler, dans lequel la roulette calculatrice est fixée normalement à une tige portant le traçoir au moyen duquel on suit le contour limitant l'aire à évaluer, et articulée elle-même avec une autre tige pivotant autour d'un point fixe.

M. Amsler de son côté, M. Marcel Deprez, du sien, indépendamment l'un de l'autre, ont eu l'idée d'un appareil plus complet, dans lequel la roulette, au lieu d'être invariablement fixée à la tige du traçoir, y est reliée par l'intermédiaire d'un engrenage planétaire (établissant certains rapports entre les angles dont tourne son axe et ceux dont tourne cette tige), dans lequel, en outre, la seconde tige, au lieu d'être astreinte à une rotation autour d'un point fixe, est soumise à une translation parallèle à un axe fixe auquel elle reste perpendiculaire. L'*intégromètre* ainsi réalisé permet d'évaluer non seulement l'aire d'une portion de plan limitée à un certain contour, mais encore son

moment simple ou son moment d'inertie pris par rapport à un axe quelconque tracé dans ce plan.

Un planimètre, fondé sur un principe cinématique différent et fort ingénieux aussi, a été imaginé par M. J. Richard pour évaluer les aires définies sur des cylindres enregistreurs par les courbes recueillies sur ces appareils grâce aux dispositifs dont nous dirons un mot tout à l'heure. Ce genre spécial d'intégrateur est susceptible d'une foule d'applications pratiques.

Les instruments qui viennent d'être mentionnés donnent la valeur numérique des aires limitées à certains contours. Or, une foule d'applications exigent que l'on puisse suivre les variations de l'aire comprise entre un axe, un arc de courbe, pris entre une origine fixe et une extrémité variable, et les ordonnées qui correspondent à ces deux points. Les variations de cette aire se représentent au moyen d'une seconde courbe qui est dite l'*intégrale* de la première, et le problème se posait dès lors d'obtenir mécaniquement le tracé de cette courbe. La solution de ce problème a été donnée sous une forme fort élégante par M. Abdank-Abakanowicz dont la conception première a été sensiblement améliorée dans ses détails mécaniques par M. Napoli. Je ne fais que mentionner ce type d'appareil, aujourd'hui classique sous le nom d'*intégraphe*, qui nous éloignerait un peu de notre sujet. Il n'a d'ailleurs pas dit son dernier mot.

Mesure du temps

A la mesure des grandeurs géométriques se rattache immédiatement celle du temps.

Le temps prend, en effet, pour les astronomes et les géographes, la forme strictement géométrique d'un angle. L'heure moyenne n'est autre, en effet, que l'angle compris entre le méridien et le plan de déclinaison du soleil fictif

dont l'ascension droite est constamment égale à la partie non périodique de l'ascension droite du soleil vrai, angle évalué avec une unité spéciale comprenant 15 degrés de la division sexagésimale du cercle.

Chronomètres. — L'objet des *chronomètres* est de faire connaître à chaque instant la valeur de cet angle, au moyen d'aiguilles mues par un mécanisme *ad hoc* sur des cadrans convenablement gradués.

Il est donc tout naturel de rattacher la *chronométrie* aux mesures d'ordre géométrique.

Mais la chronométrie constitue à la vérité un art très vaste, soulevant des questions très complexes qui exigeraient des développements considérables.

Nous ne pouvons ici qu'en effleurer les points tout à fait principaux.

Pour nous en tenir au chronomètre considéré comme instrument de précision, rappelons que c'est l'horloger Pierre Leroy qui, par l'invention de l'*échappement libre*, a, le premier, rendu cet instrument propre à la détermination des longitudes en mer.

C'est également Pierre Leroy qui, le premier, a trouvé le moyen (par le choix d'une longueur convenable) de rendre isochrone le *spiral régulateur* imaginé par Huygens. Mais un progrès capital a été acquis dans cette voie par la découverte, due à Phillips, professeur à l'École polytechnique, des *courbes terminales* grâce auxquelles l'isochronisme peut être obtenu avec un spiral de longueur quelconque.

La détermination de ces courbes terminales repose sur une analyse mathématique délicate. MM. Guillaume et Pettavel l'ont rendue mécanique grâce à un ingénieux appareil qui permet, à l'aide de quelques retouches successives, de donner à un fil métallique la forme requise.

Mais l'isochronisme, rigoureusement obtenu par le spiral réglant de Phillips pour deux températures extrêmes, est modifié dans l'intervalle par la température, ennemi

toujours aux aguets de toute détermination précise. La partie principale de l'erreur ainsi provoquée peut être compensée par une diminution automatique du moment d'inertie du balancier constitué à cet effet de deux métaux, acier et laiton, inégalement dilatables ; mais ce procédé laissait encore subsister une erreur secondaire qui n'était pas inférieure à 2^s, et qu'on a longtemps cherché à faire disparaître. L'emploi des spiraux de palladium a procuré des résultats assez satisfaisants ; mais ces spiraux conservent moins bien leur marche que ceux d'acier. C'est donc du côté du balancier qu'on a dû rechercher les moyens de réduire, sinon d'annuler, l'erreur secondaire. M. Guillaume, dont j'ai déjà eu l'occasion de vous citer les belles recherches sur les aciers au nickel, a obtenu une remarquable solution du problème par la substitution à l'acier simple, dans la lame bimétallique du balancier, d'un acier au nickel judicieusement choisi. Il résulte des épreuves très sévères auxquelles ont été soumis, à l'Observatoire de Neuchâtel, des chronomètres ainsi construits que, dans les conditions les plus défavorables, l'erreur secondaire se trouve réduite à l'ordre du dixième de seconde.

Pour l'évaluation des très petites fractions de temps, on a dû recourir à d'autres phénomènes doués d'isochronisme, mais de période très réduite. Le physicien anglais Thomas Young a songé à utiliser à cet effet les vibrations d'une verge élastique à laquelle le mathématicien français Duhamel substitua le diapason dont, soit par la méthode optique de Lissajous, soit par la méthode acoustique de Kœnig, on peut connaître avec une très grande exactitude le nombre de vibrations par seconde.

L'emploi du diapason qui permet d'atteindre couramment le millième de seconde s'est considérablement généralisé dans les appareils connus sous le nom de *chronographes*. Ses vibrations se trouvent donc jouer, pour la mesure du temps, le même rôle que les franges d'interférence pour la mesure des longueurs.

Mesure des masses

La détermination des masses, comme celle des longueurs, suppose, avant tout, la confection d'étalons aussi exactement conformes que possible au prototype international dérivé du kilogramme en mousse de platine comprimée, construit par Lefèvre-Gineau et Fabbroni, et déposé aux Archives.

Ici donc reparaît le Bureau international des Poids et Mesures avec ses méthodes atteignant au dernier degré de la rigueur compatible avec l'état actuel de la science.

Le kilogramme ayant été primitivement défini par l'étalon des Archives, il y avait lieu de déterminer la masse exacte du décimètre cube d'eau à 4 degrés qui, théoriquement, devrait lui être égale. Cette détermination, d'une extrême difficulté, a été abordée récemment par des voies diverses, soit en reprenant, comme M. Guillaume, l'ancienne méthode des contacts, considérablement perfectionnée, soit en utilisant comme M. Chappuis d'une part, et M. Macé de Lépinay de l'autre, les méthodes interférentielles qui ont dû, en grande partie, leur succès à l'extraordinaire perfection avec laquelle M. Jobin est parvenu à réaliser la taille des cubes de crown ou de quartz ayant servi à ces mesures.

Il suffit d'indiquer qu'il a pu répondre de la planéité des faces à moins d'un quarantième de micron près, de l'exactitude de leurs angles à 1 ou 2″ près.

Grâce à l'extrême habileté des expérimentateurs et malgré l'imperfection relative des moyens dont on disposait il y a un siècle, la masse du décimètre cube d'eau à 4 degrés ne diffère du kilogramme des Archives que d'une trentaine de milligrammes environ.

Une quarantaine d'étalons du premier ordre, en platine iridié, ont été fabriqués sous forme de cylindres dont la hauteur égale le diamètre de base, pour les États signa-

taires de la Convention du mètre, par les soins de la Commission internationale, et déterminés avec une telle rigueur que le calcul des comparaisons de ces prototypes entre eux n'a fait ressortir pour l'erreur probable de l'équation d'un étalon qu'une valeur de $0^{mgr},002$.

Ces étalons sont d'ailleurs accompagnés de séries divisionnaires s'étendant jusqu'au $0^{mgr},1$.

D'autres étalons plus maniables, dits du deuxième ordre, ont été aussi fabriqués en nickel.

Balances. — Pour la vérification de ces étalons du premier ordre, de même que pour les autres pesées de précision qui lui incombent, le Bureau international a eu recours à des *balances* d'une telle perfection qu'elles permettent d'atteindre couramment la précision d'un deux-centième de milligramme sur le kilogramme.

Ces balances, qui peuvent être citées comme des merveilles d'ingéniosité et de délicatesse, ont été disposées de façon que l'opérateur ne puisse, même à distance, influer sur leurs résultats. Fixées sur de solides massifs de maçonnerie, comme les instruments des observatoires, elles sont enfermées dans des cages hermétiquement closes qui les protègent contre toute influence extérieure (fig. 12). L'échange des poids sur les plateaux, l'adjonction des très petits poids employés comme tare, et généralement toutes les manœuvres exigées par une pesée, s'effectuent à distance au moyen de longues tiges commandées par des manettes réunies sous la main de l'opérateur, qui peut, en outre, au moyen d'une lunette, observer les oscillations du fléau de la balance, traduites par les déplacements d'une échelle graduée devant le réticule de la lunette.

Les *balances*, destinées aux usages scientifiques ordinaires, sans être douées d'une telle précision, permettent d'atteindre le 0,1 de milligramme, ce qui est largement suffisant.

En France, leur construction a été portée à son plus

haut point de perfection (pour ne citer toujours que les morts) par Collot (1) et par Deleuil.

Les balances de précision modernes (fig. 13) sont géné-

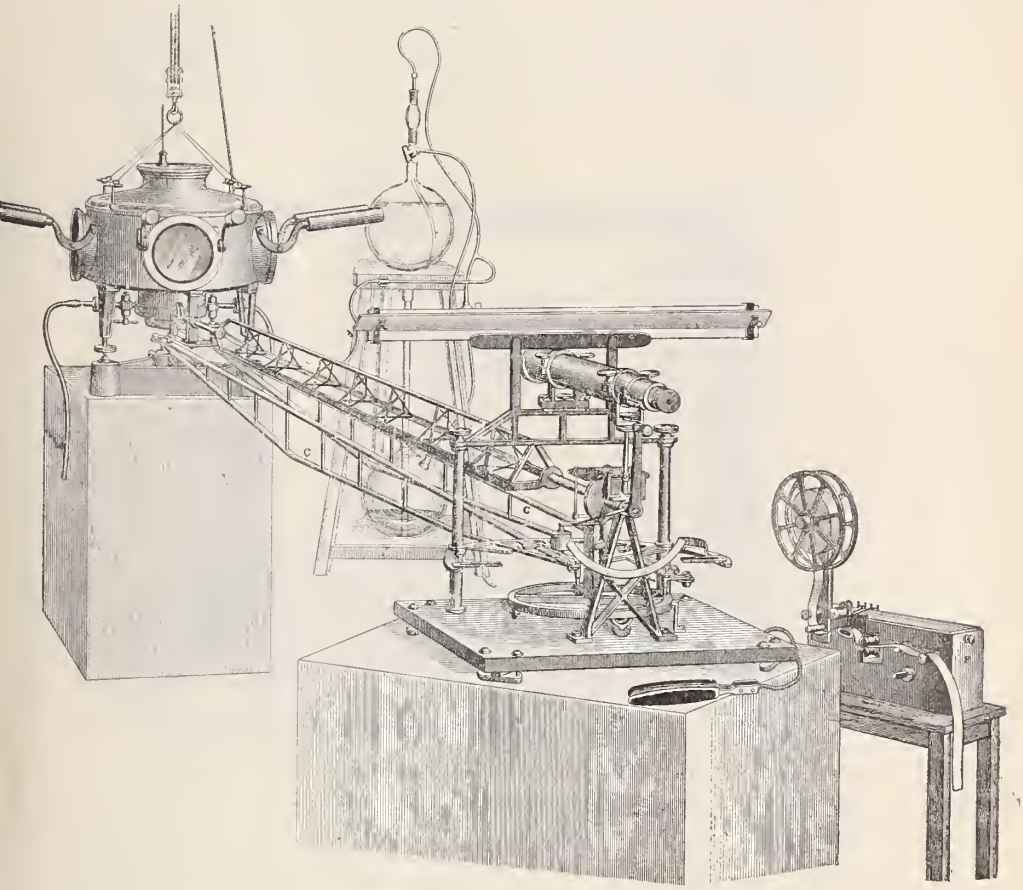


Fig. 12. — Balance de haute précision du Bureau international des Poids et Mesures.

ralement disposées de façon à donner le nombre entier de décigrammes par les poids déposés sur le plateau de la

(1) C'est Collot qui a construit la balance utilisée par Sainte-Claire-Deville pour les premières comparaisons des kilogrammes en platine iridié avec l'étalon des Archives.

balance, et les fractions du décigramme jusqu'au milligramme ou au demi-milligramme (avec le 0,1 à l'estime) par les déplacements d'un petit cavalier manœuvré de l'extérieur sur une règle graduée à cet effet.

Sans entrer dans aucun détail au sujet des dispositifs dans lesquels se révèle l'ingéniosité mécanique des constructeurs, je vous en signalerai toutefois en passant

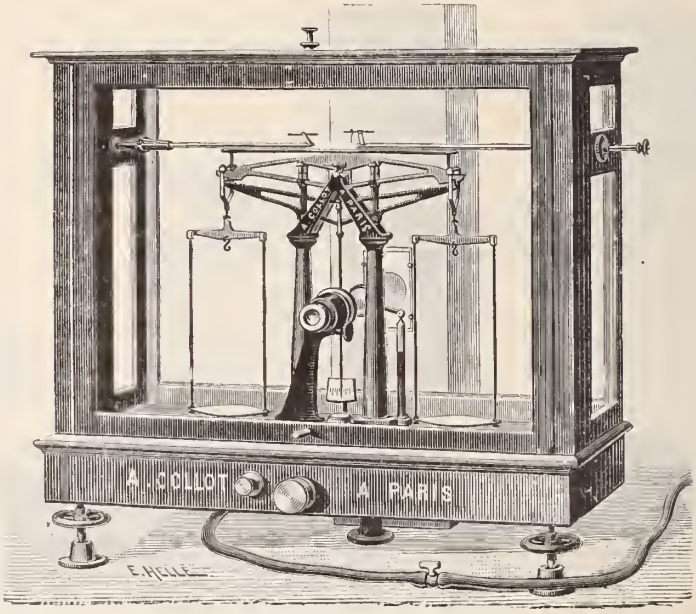


Fig. 15. — Balance de précision.
(*Construite par la maison Collot, à Paris.*)

quelques-uns ayant pour objet d'accroître très sensiblement la rapidité des pesées, tout en leur conservant la même précision :

C'est, d'une part, l'*amplification optique des oscillations* par la projection d'un réticule fixé à l'aiguille, qui est due à M. Collot, d'autre part, l'*amortissement des oscillations* obtenue, soit, comme l'a imaginé M. Curie, par la compression de l'air entre deux cylindres de cuivre au moyen d'une cloche en aluminium suspendue sous chaque plateau,

soit, comme l'a proposé M. Collot, par la plongée de l'extrémité de l'aiguille dans l'huile de vaseline. Dans ce cas, les déplacements de l'aiguille s'apprécient au moyen d'un microscope micrométrique.

Intensité de la pesanteur. — La détermination des masses m'amène tout naturellement à vous dire un mot de la mesure de l'intensité de la pesanteur au moyen du *pendule composé* dont l'emploi était, dès 1800, préconisé par Prony.

Le savant ingénieur français signalait même le *principe de la réversion* comme propre à éliminer l'erreur de position du centre d'oscillation. Mais il ne réalisa pas son idée.

Réinventé en 1811 par Bohnenberger, le premier *pendule réversible* fut construit par Kater. Mais l'ensemble des conditions auxquelles devait satisfaire un tel instrument pour se prêter à la détermination de l'intensité de la pesanteur, ne furent établies qu'en 1849 par Bessel qui, par l'échange des couteaux, fit disparaître l'influence de la courbure de leurs arêtes.

Cet instrument a été grandement perfectionné de nos jours par le colonel Defforges qui est parvenu, en employant deux pendules de même poids et de longueurs différentes, avec les mêmes couteaux, à éliminer jusqu'à l'erreur qui tenait à l'entraînement du support.

Le pendule, construit par Brunner, d'après les indications du savant officier, lui a permis de faire à Breteuil une détermination rigoureuse de l'intensité absolue de la pesanteur qui a conduit au nombre

$$g = 9^{m},80991.$$

Pour les déterminations relatives, le colonel Defforges a constitué un instrument d'un emploi plus simple qu'il appelle le *pendule réversible inversable.*

Mesures physiques

Nous arrivons maintenant à la mesure des grandeurs que nous offre le champ pour ainsi dire indéfini de la Physique. Le propre des instruments destinés à ces mesures est de réduire les variations des grandeurs considérées à des variations de grandeurs géométriques, longueur ou angle, aisément mesurables.

J'ajouterai tout de suite que pour assurer aux instruments de ce genre un étalonnage normal analogue à celui qui se pratique au Bureau international de Breteuil pour les instruments métrologiques, une institution vient, sous le nom de Laboratoire d'essai, d'être créée au Conservatoire même, sous la direction de M. Pérot, et il n'est pas douteux que ce ne soit là la source de progrès considérables. Le Laboratoire d'essai se chargera d'ailleurs, à un point de vue peut-être plus industriel, des étalonnages métrologiques pour les seuls besoins français. Il s'occupera aussi de vérifier la qualité des matériaux.

C'est particulièrement dans le domaine de la physique que s'affirme la nécessité d'une collaboration étroite entre le savant qui apporte l'idée théorique et l'artiste qui en fait une réalité. Jamais, on peut le dire, quelles que soient les difficultés offertes par la réalisation de leurs conceptions, nos physiciens n'ont trouvé les constructeurs à court d'ingéniosité, et tous se sont plu à reconnaître le concours très efficace qui leur a été prêté par ces précieux collaborateurs parmi lesquels, pour m'en tenir toujours à ceux qui ne sont plus, je citerai Soleil, Froment, Duboscq, Bréguet, Ruhmkorff.

L'étude des instruments de mesures physiques ne saurait, en réalité, être séparée de celle des diverses branches de la science auxquelles ils se rapportent. Toutefois il est un de ces instruments auquel nous devons faire une place spéciale, attendu que c'est lui qui permet d'apporter à

toutes les mesures précédemment envisagées, les corrections de température indispensables pour les rendre comparables.

Thermomètres. — Le *thermomètre* est l'auxiliaire obligé et permanent du métrologiste et du géodésien. Sa construction évoque chez nous les noms d'Alvergniat, de Baudin, de Tonnelot.

Pour les physiciens, depuis les travaux classiques de Dulong et Petit, et de Regnault, le thermomètre par excellence est celui à gaz (à hydrogène, de préférence) dont l'échelle concorde étroitement avec l'échelle théorique fondée sur les principes de la thermodynamique. Mais la complication de cet instrument le rend impropre aux observations courantes. Seul, le *thermomètre à mercure* peut se prêter à cet usage. Mais il n'a pu prétendre au titre d'instrument de précision qu'à la suite d'études minutieuses poursuivies à Breteuil, qui ont mis en lumière les règles, à peu près ignorées il y a un quart de siècle, qui doivent présider à sa construction et à son emploi.

La substitution du verre dur au cristal, la détermination exacte du calibre par déplacement de colonnes de mercure de diverses longueurs, l'étude de la variation du zéro dont la loi est maintenant connue, par dessus tout, les beaux travaux de M. Chappuis sur la comparaison de l'échelle thermique gravée sur le verre dur avec l'échelle normale représentée par le thermomètre à hydrogène, ont permis d'atteindre, dans l'emploi du thermomètre à mercure, une précision de 0,002 ou 0,003 degré centigrade, entre la congélation du mercure (— 39° environ) et 100°.

En dehors de ces limites, la thermométrie, sans conserver la même précision, a encore accompli de sensibles progrès.

Pour les très basses températures, la substitution du toluène à l'alcool, préconisée par MM. Chappuis et Guillaume, a permis de descendre jusqu'à — 80° avec une précision de 0,1 ou 0,2 degré. De tels thermomètres ont

donné de bons résultats, notamment entre les mains de Nansen, au cours de sa grande expédition polaire.

Dans l'échelle des hautes températures, le thermomètre à mercure permet d'atteindre encore les 200° avec une précision de 0,1 degré.

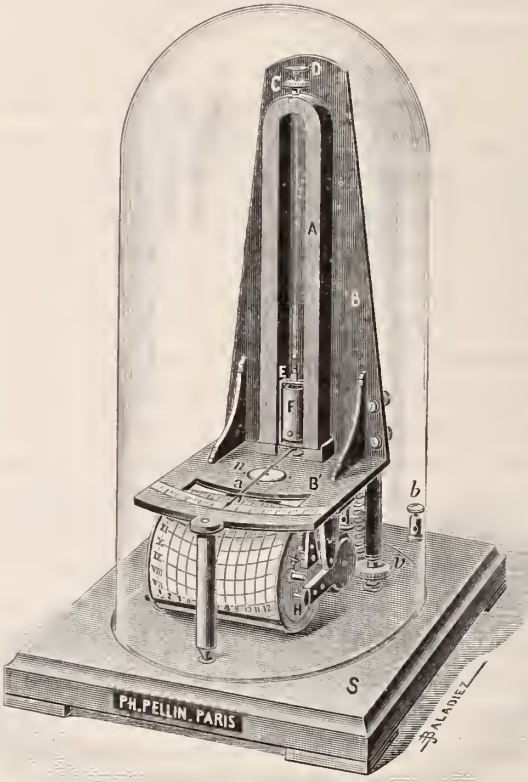


Fig. 14. — Pyromètre Le Chatelier.
(*Construit par la maison Pellin, à Paris.*)

Pour les températures très élevées, c'est-à-dire atteignant plusieurs centaines de degrés, les simples phénomènes de dilatation deviennent impuissants à prolonger l'échelle thermométrique. On a dû dès lors recourir à d'autres phénomènes. Les instruments servant à les traduire ont reçu le nom de *pyromètres*. M. Le Chatelier

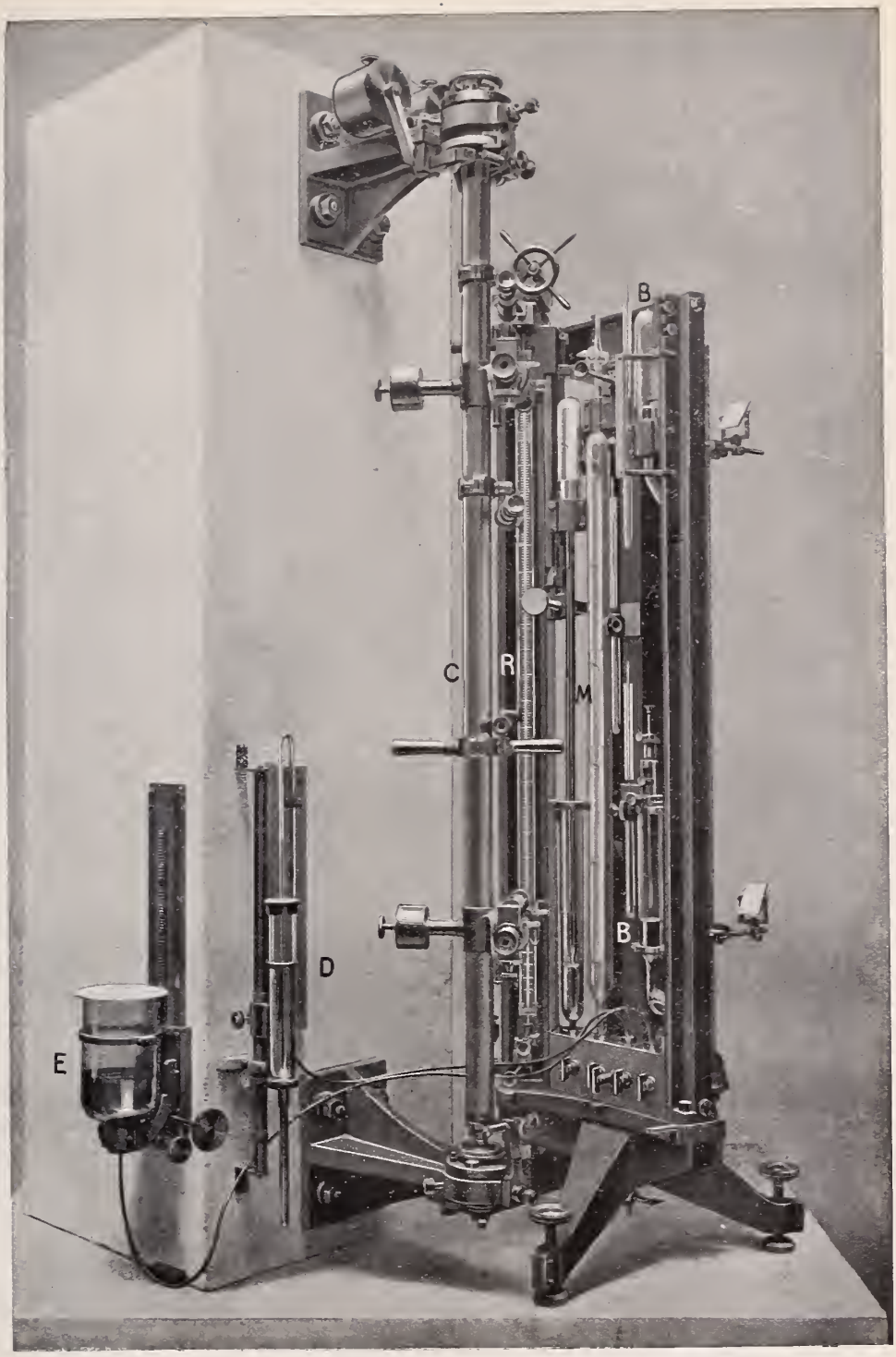


Fig. 15. — Baromètre du Bureau international des Poids et Mesures.

a appliqué à leur construction les propriétés des couples thermo-électriques, et particulièrement du couple platine et platine rhodié. Le savant ingénieur a d'ailleurs imaginé plusieurs types de pyromètres de ce genre, dont l'un (fig. 14) a été rendu enregistreur par M. Pellin, grâce à un ingénieux dispositif purement mécanique. Sur une indication de MM. Callendar et Griffiths, MM. Chappuis et Harker ont utilisé pour la construction d'un pyromètre, dit *thermostat*, les variations de la résistance électrique dans une hélice en platine. M. Daniel Berthelot a, de son côté, fondé une méthode de mesure des hautes températures sur les lois de la variation de l'indice de réfraction de l'air, et M. Féry sur la considération des radiations calorifiques.

Baromètres. — Le *baromètre*, qui ne donne pas lieu aux mêmes difficultés que le thermomètre, a reçu néanmoins, dans ses dispositions de détail, diverses améliorations qui ont permis d'accroître sa précision.

Le baromètre du Pavillon de Breteuil, dû à MM. Marek et Benoît (fig. 15), donne le 0,01 de millimètre.

Pour les observations à faire en cours d'exploration, un premier type de baromètre transportable, imaginé par Gay-Lussac, avait été construit par Bunten. Il a, depuis lors, été remplacé par le type, maintenant classique, auquel est attaché le nom de Fortin.

D'autres baromètres construits, d'après les idées de M. Renou, avec une large cuvette, permettent, grâce à une graduation convenable, d'avoir la pression par la seule observation du ménisque supérieur.

Pour les observations courantes, je rappellerai les immenses services que rendent les *baromètres anéroïdes* du type à lames de melchior gaufrées de Vidie, ou à tube aplati en spirale de Bourdon.

Polarimètres. — Parmi les instruments de mesure que nous offre le champ de la physique, une mention spéciale

est due aux *polarimètres*, tant en raison du grand nombre de leurs applications que de leur haute précision.

On peut tout d'abord remarquer que l'étude de la vibration de l'éther, vibration si ténue mais si rapide qu'elle confond l'imagination, a fait naître une des plus belles pages de la philosophie naturelle, sur laquelle resteront gravés les noms français de Fresnel, Arago, Fizeau.

C'est sous l'impulsion de savants français, depuis Arago, Biot et Sénarmont, jusqu'à Cornu, et entre les mains des constructeurs français, depuis Soleil jusqu'à ses successeurs actuels, que la polarisation a donné naissance à l'admirable instrument d'analyse que l'on sait. Fondé en 1815 par Biot sur la simple extinction des nicols, puis en 1846 par Soleil, sur l'observation de la teinte sensible dans une plaque à deux rotations, cet instrument est maintenant pourvu du polariseur à pénombre constitué soit par le prisme coupé de Jelett et Cornu, soit par la lame demi-onde de Laurent, qui a — progrès considérable — permis de faire varier à volonté l'angle des deux plans principaux du polariseur.

Diverses variantes ont d'ailleurs été proposées pour l'aspect du champ de vision, notamment celles des trois plages de M. Jobin et celle des plages circulaires concentriques de M. Pellin.

Pour donner une idée de la précision qui doit être apportée à la construction de ces appareils, il me suffira de dire qu'une erreur de taille de 1 micron sur l'ensemble des quartz peut affecter d'une manière sensible le résultat d'une observation.

En raison de l'importance des intérêts commerciaux et fiscaux régis par les indications de ces appareils, dans le domaine de l'industrie sucrière, les gouvernements eux-mêmes ont été amenés à se préoccuper de leur étalonnage. Le mode universellement adopté pour cet étalonnage repose sur l'emploi des plaques de quartz qui, dès 1897, était proposé par M. Jobin.

Ici encore, la mesure des épaisseurs des quartz de rotation contraire, intervenant dans la série des étalons créés, a été obtenue par la méthode interférentielle de Pérot et Fabry.

Électromètres. — Le développement des applications industrielles de l'électricité a eu pour conséquence nécessaire, de faire naître tout un ensemble de mesures nouvelles auxquelles correspondent des instruments spéciaux aujourd'hui partout répandus.

C'est au Congrès international tenu à Paris en 1881, qu'ont été définies les unités correspondantes. Le premier soin qui s'imposait était de constituer les étalons de ces unités.

Cette détermination n'a pu se faire qu'au prix de travaux de laboratoire, patients et minutieux.

En particulier, l'établissement du prototype de l'*ohm* (unité de résistance) a donné lieu à des travaux considérables entrepris et menés à bonne fin au pavillon de Breteuil, par M. René Benoit, grâce aux instruments spécialement créés par M. Carpentier.

En outre, la comparaison des diverses grandeurs électriques avec les unités appropriées exigeait une foule d'instruments nouveaux, et il n'est que justice de rappeler la part prépondérante qui revient encore à M. Carpentier, dans la constitution de cet outillage indispensable au développement de l'industrie électrique.

Il s'est d'ailleurs en partie inspiré, pour l'exécution de cette tâche, des travaux de divers savants, et notamment de MM. Marcel Deprez et d'Arsonval.

Une des caractéristiques de cet outillage consiste dans le fait qu'un grand nombre des instruments qui le composent sont explicitement gradués au moyen des unités nouvelles.

Sans entrer dans aucun détail à ce sujet, je tiens cependant à citer les *ampèremètres*, les *voltmètres*, les *watt-*

mètres, etc., que l'on peut voir maintenant dans toutes les installations électriques.

Indépendamment de ces appareils, d'un type plutôt industriel, on rencontre dans le domaine des mesures électriques d'autres instruments, d'une extrême délicatesse, qui sont réservés aux recherches de laboratoire.

Dans cet ordre d'idées, je ne saurais passer sous silence le bel exemplaire d'*électrodynamomètre absolu*, qui a été conçu par M. Pellat et qui figure dans les collections de l'École polytechnique.

Appareils enregistreurs. — Il y aurait lieu, pour compléter ce qui a trait aux instruments de mesure, de parler maintenant des appareils qui enregistrent de façon continue les mesures effectuées par divers instruments.

Il n'est d'ailleurs pas indifférent de rappeler ici que l'instrument enregistreur le plus anciennement connu en France, est un *anémomètre* dû au comte d'Onsenbray, qui figure dans les galeries du Conservatoire.

Les variations d'une grandeur physique étant traduites par les déplacements d'un certain point matériel, on conçoit qu'il soit possible, soit, en certains cas, en réduisant ces déplacements, soit, en d'autres cas, beaucoup plus fréquents, en les amplifiant, de faire correspondre à ces déplacements ceux d'un style mobile, le long d'un cylindre animé d'un mouvement de rotation uniforme au moyen d'un mécanisme d'horlogerie intérieur.

On peut ainsi suivre les variations du phénomène avec le temps. Et si une telle constatation est précieuse en bien des cas pour le savant, elle est peut-être plus indispensable encore pour l'industriel qui peut aujourd'hui, grâce à de tels appareils, suivre pour ainsi dire pas à pas toutes les phases de sa fabrication.

Les dispositions de détail des organes propres à constituer un tel mode d'enregistrement, ont fait spécialement l'objet des travaux de M. Jules Richard, qui en a fait pour sa part un très grand nombre d'applications soit

à l'étude des machines à vapeur ou électriques, soit à celle des phénomènes météorologiques : *Baromètres*, *thermomètres*, *hygromètres*, *anémomètres*, *pluviomètres*, etc... Le plus classique de ces instruments est le petit *baromètre anéroïde enregistreur* qui se trouve aujourd'hui entre les mains de tout le monde.

C'est en vue de l'intégration des aires obtenues sur ses cylindres enregistreurs que M. Richard a combiné le *planimètre* cité plus haut.

Pour les phénomènes de courte durée, ou même instantanés, comme pour ceux d'une extrême rapidité, la combinaison de l'inscription de la loi des phénomènes et de la chronographie a été la source d'une foule d'inventions remarquables qui mériteraient, certes, de faire l'objet d'un exposé détaillé et dont je ne puis ici que signaler l'existence en rappelant seulement quelques noms, dont, en ce domaine, l'autorité s'impose : celui de M. Marcel Deprez, auteur de tant de merveilles de mécanique et notamment de ce chronographe électrique qui a permis d'atteindre jusqu'à la précision du 0,00001 de seconde ; celui du général Sébert, qui a étudié, par des procédés d'inscription chronographique, tous les phénomènes qui ont leur siège dans la bouche à feu ; celui, enfin, de M. Marey, qui a su par ce moyen nous révéler tous les secrets de la mécanique humaine ou animale, jusque dans ses manifestations les plus délicates comme les battements d'ailes d'un insecte, et qui a écrit sur le sujet un ouvrage magistral (1) faisant autorité en la matière.

Il est important de rappeler aussi le très grand progrès que, par ses appareils enregistreurs des déformations élastiques, M. l'ingénieur en chef des ponts et chaussées Rabut, a fait réaliser dans l'étude des grands ouvrages métalliques.

(1) *La Méthode graphique dans les sciences expérimentales*. Paris, Masson, 1878.

INSTRUMENTS D'OBSERVATION

Les instruments propres à accroître la puissance de notre vue, principal agent du progrès de nos connaissances, empruntent leur perfection à celle des systèmes optiques, réflecteurs ou réfracteurs, servant à les constituer. Or, la perfection de ceux-ci tient elle-même à une double cause : qualité de la matière dont ils sont faits ; rigueur mathématique dans la taille des surfaces qui les limitent. De là deux sources de progrès importants dans la construction des instruments d'observation.

Verres d'optique. — En ce qui concerne la première, il me suffira de rappeler que la fabrication du verre d'optique, notablement améliorée au commencement du siècle, par Guinand, inventeur du procédé du brassage (qui débarrasse le verre des fils et des stries et le rend parfaitement homogène), a réalisé depuis lors de grands progrès entre les mains de ses successeurs, Feil, Mantois et Parra, ces deux derniers aidés de la collaboration de M. Verneuil, le chimiste bien connu pour ses travaux sur la reproduction artificielle des pierres précieuses.

Telle est aujourd'hui, grâce aux travaux ainsi poursuivis, la connaissance acquise des variations des indices de réfraction et de dispersion d'après celles de la composition chimique que la fabrication peut, à volonté, fournir des verres possédant des indices fixés à l'avance. Il est inutile d'insister sur les avantages d'un tel progrès.

Quant à la taille des verres suivant les formes géométriques requises, elle a, comme on sait, fait un pas considérable le jour où Foucault, inspiré par Bertaud jeune, a inauguré la *méthode des retouches locales* qui, entre les mains de MM. Paul et Prosper Henry, a atteint un si haut degré de perfection, qu'il n'est pas, dans le monde, d'objectifs capables de soutenir la comparaison avec les leurs. On sait aussi que l'on doit à Adolphe Martin des

formules et des tables numériques propres à faciliter grandement la préparation des surfaces destinées à recevoir les retouches locales.

La rigueur mathématique requise pour la taille des grands objectifs astronomiques a été également recherchée pour celle des objectifs de plus petite dimension, destinés soit aux jumelles et longues-vues, soit aux appareils photographiques.

L'application des ressources de la mécanique de précision à la taille des lentilles destinées aux jumelles et longues-vues a permis de donner un large essor à la fabrication industrielle de ces instruments, qui évoque chez nous les noms de Lemaire et de Bardou. Les dispositions de détail des jumelles ont fait également l'objet de notables améliorations propres à accroître leur puissance. Je rappellerai à ce propos l'introduction des prismes due à Porro, et ne saurais me dispenser de citer le nom du capitaine d'artillerie Daubresse, auteur de combinaisons avantageusement appliquées.

L'objectif photographique a notamment fait l'objet d'études approfondies poursuivies séparément par deux savants officiers du Génie, le lieutenant-colonel Moëssard et le commandant Houdaille, dont les méthodes d'essai des objectifs, établies avec tant de conscience et d'ingéniosité, devront dorénavant servir de guide aux constructeurs.

Bien que cela ne rentre pas strictement dans le programme que je me suis tracé, je ne puis me dispenser de rappeler ici les lentilles à échelons de Fresnel, dont les premiers modèles ont été construits par Soleil et qui ont donné lieu à la grande industrie des appareils optiques des phares, très prospère dans notre pays. Dans le même ordre d'idées, il y a lieu de citer les projecteurs du colonel Mangin, adoptés par toutes les marines du monde, qui ont exigé de délicates recherches théoriques et aussi une habileté très grande de la part des constructeurs.

Équatoriaux. — Parmi les instruments d'observation, nous distinguerons d'abord ceux destinés à l'astronomie dont le type le plus accompli est réalisé par les grands *équatoriaux* des observatoires. Le déplacement de ces énormes masses soulève des problèmes de mécanique fort ardus, mais dont on peut dire que l'habileté des constructeurs est parvenue à se jouer. Tel équatorial, comme celui de l'Observatoire de Nice, dont la masse atteint 12 tonnes, n'est-il pas déplacé, pour suivre le mouvement diurne, par un mécanisme dont le poids moteur ne dépasse pas 100 kilogrammes ?

Le seul appareil de Foucault serait d'ailleurs insuffisant pour régulariser l'entraînement de l'équatorial. La solution du problème a été très heureusement obtenue par M. Gautier à l'aide d'un mouvement différentiel réglé par le pendule et grâce auquel l'appareil de Foucault est, en quelque sorte, réduit au seul rôle d'entraîneur.

Quoi qu'il en soit de ces perfectionnements, en vue d'accroître la facilité et la précision des observations, M. Lœwy, le savant directeur de l'Observatoire de Paris, a imaginé les dispositions de l'*équatorial coudé* qui, grâce à deux réflexions successives aux extrémités de la branche mobile de la lunette, dont l'axe décrit l'équateur, renvoie à l'extrémité de la branche fixe, dirigée suivant l'axe du monde, l'image des astres que l'observateur peut recueillir, assis devant l'oculaire comme à une table de travail.

Sidérostat. — Non moins originale est la construction, due à M. Gautier, du gigantesque *sidérostat* (grossissant 6000 fois environ) qui figurait à l'Exposition de 1900.

Ce sidérostat (fig. 16) se compose d'un pied en fonte pesant 45 tonnes et d'une partie mobile, de 18 tonnes, comprenant les axes horaire et de déclinaison et le miroir, de 2 mètres de diamètre. Telle est la perfection du mécanisme destiné à mettre en mouvement cette énorme masse qu'il y suffit d'un poids de 5 kilogrammes, agissant sur

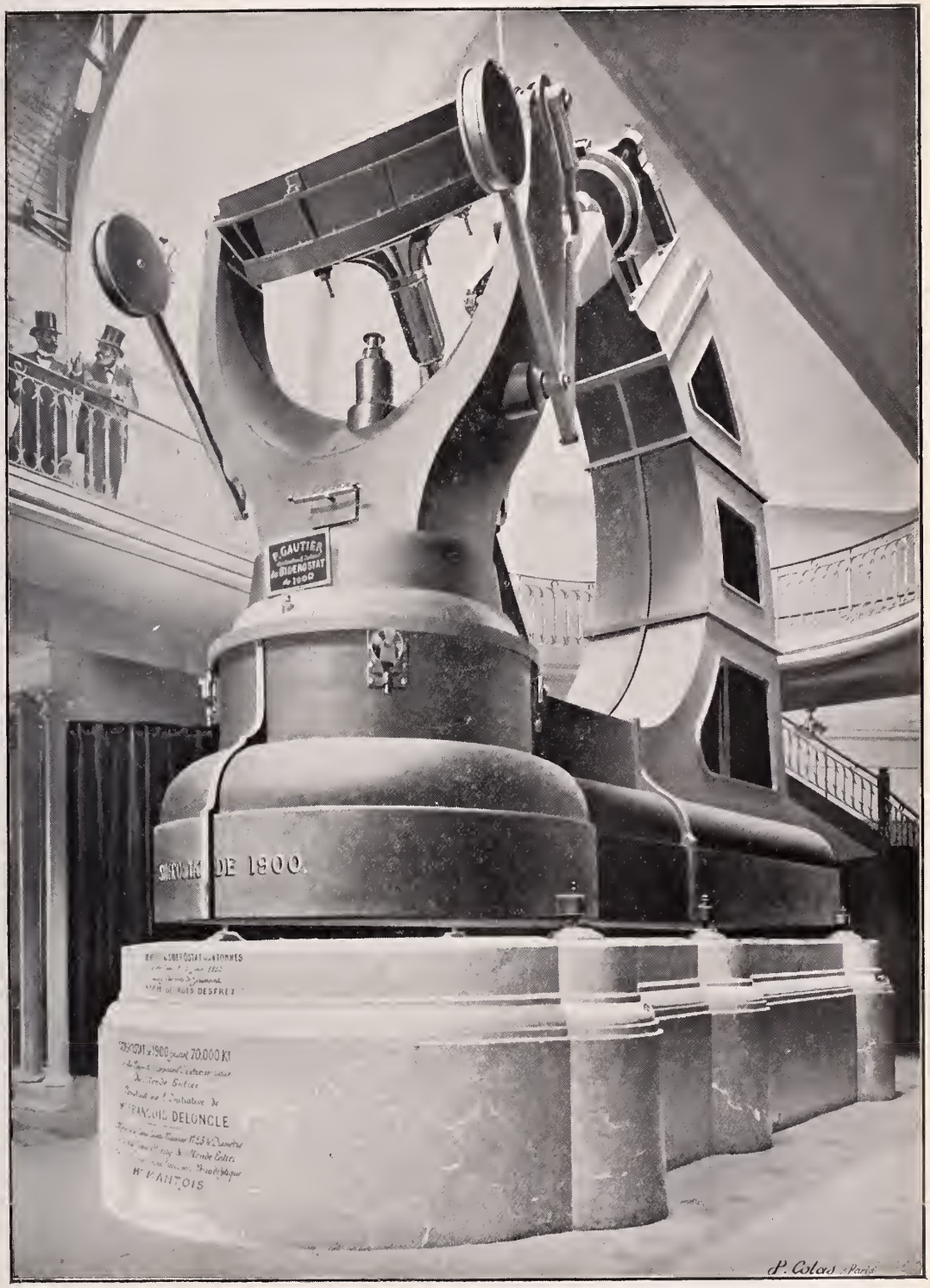


Fig. 16. — Sidérostat de l'Exposition de 1900.

(Construit par la maison Gautier, à Paris.)

un bras de levier de 1 mètre. Quant au poids moteur du mécanisme d'horlogerie, il n'est que de 60 kilogrammes.

Le sidérostat est d'ailleurs complété par une lunette horizontale de $1^{m},50$ de diamètre et 57 mètres de long, munie de deux objectifs interchangeables, l'un pour les observations directes, l'autre pour la photographie, pesant chacun 900 kilogrammes.

Il est très remarquable que la surface du miroir de 2 mètres a été obtenue par des procédés entièrement mécaniques guidés par des procédés optiques permettant l'étude du miroir pendant le polissage même.

Nous allons d'ailleurs voir tout à l'heure que, grâce à une innovation récente qui est en train de révolutionner l'antique astronomie de position, ces grands instruments d'observation sont devenus à leur tour de puissants instruments de mesure, destinés peut-être, dans un avenir prochain, à supplanter tous les autres.

Microscopes. — A l'opposite de ces géants des observatoires, nous trouvons l'instrument qui nous permet de fouiller dans le domaine de l'extrême petitesse, celui que le philosophe et naturaliste anglais Carpenter a baptisé le « grand révélateur » : le *microscope* (fig. 17), dont les progrès évoquent chez nous, parmi les disparus, les noms de Charles Chevalier, de Prazmowski, de Nachet...

Alors que les instruments astronomiques réclament des objectifs d'aussi grand diamètre que possible (qui ont maintenant dépassé le mètre), le microscope comporte, pour son objectif, une lentille hémisphérique dont le diamètre reste voisin du millimètre. Pour être d'un autre ordre, la difficulté de la taille d'une telle lentille n'en est pas moins très grande.

Le principe des compensations a d'ailleurs été appliqué à la construction de ces objectifs que nous voyons actuellement composés de séries de quatre, cinq lentilles, et même davantage, dont les diamètres croissent de 1 millimètre, comme je viens de le dire, à 6 ou 8 millimètres.

Ces lentilles doivent d'ailleurs, bien entendu, être exactement centrées les unes sur les autres, ce qui n'offre pas non plus une mince difficulté.

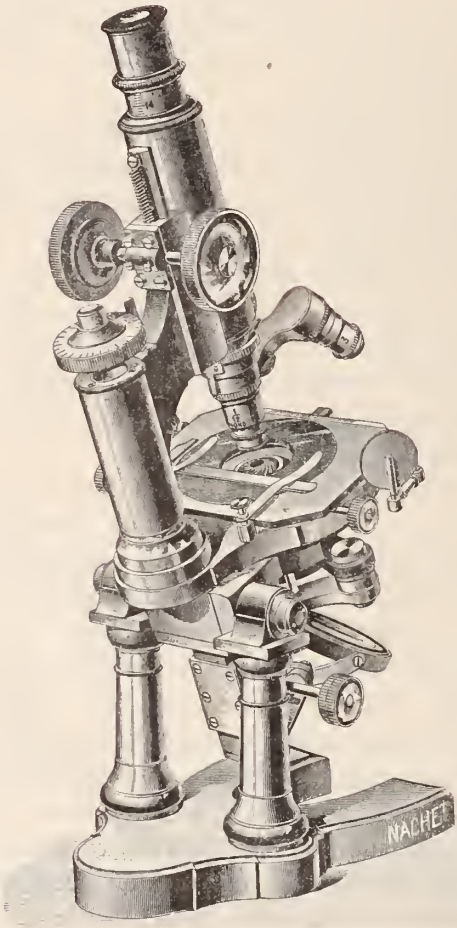


Fig. 17. — Microscope de précision.
(Construit par la maison Nachet, à Paris.)

On atteint ainsi maintenant des grossissements de 1000 et même de 2000 fois ; mais c'est moins l'accroissement du grossissement au delà de telles limites, déjà suffisamment respectables, que l'amélioration de la netteté des images,

plus exemptes, en outre, d'aberrations chromatiques et sphériques, qu'on s'est efforcé d'obtenir, à quoi on a réussi, grâce à des calculs rigoureux fondés sur des formules mathématiques.

L'observation au microscope a dû un de ses progrès les plus notables à l'emploi aujourd'hui général de l'*immersion homogène*, imaginée vers 1850 par Amici, et qui consiste dans l'interposition, entre l'objet examiné et la lentille finale de l'objectif, d'une goutte d'un liquide de même indice de réfraction que le verre de cette lentille, qui permet d'obtenir des images plus parfaites en faisant concourir à leur formation un plus grand nombre de rayons émanant de l'objet.

La partie mécanique des microscopes a nécessairement gagné en précision au fur et à mesure que la partie optique gagnait en netteté et en puissance.

Sans parler des organes de mise au point, d'une douceur extrême, la platine sur laquelle se pose la préparation à examiner a été rendue mobile et munie de deux divisions perpendiculaires, à vernier, permettant le facile repérage des points intéressants d'une préparation.

Telle est la sensibilité des déplacements de cette platine qu'ils sont appréciables à moins d'un micron près.

La vision est aussi rendue plus nette par l'emploi d'un éclairage condensateur à grand angle d'ouverture, qui, placé sous la platine, concentre sur l'objet le faisceau lumineux venant du miroir.

Enfin certaines études nouvelles auxquelles on a appliqué le microscope ont exigé des dispositions spéciales : platines tournantes pour les observations en lumière polarisée ; tubes coudés pour les observations par en-dessous ; prismes à réflexion totale pour l'éclairage par l'objectif même des échantillons opaques ; prismes stéréoscopiques propres à faire apparaître le relief des objets examinés, etc.

C'est qu'aussi le champ auquel s'applique l'emploi du microscope s'est, avec les progrès de la science, considé-

rablement accru. Réservé d'abord aux seuls examens du naturaliste cherchant à fouiller la structure des petits organismes animaux ou végétaux, il est devenu entre les mains de Pasteur un auxiliaire puissant de la médecine et de l'hygiène, à qui il fournit les données précises de la bactériologie et aussi de la technique industrielle (sélection des grains de vers à soie, fabrication des vinaigres, de la bière, etc.).

Par l'examen, en lumière polarisée, des minéraux taillés en lames minces, il est devenu avec Mallard, des Cloizeaux, MM. Fouqué et Michel Lévy, un des moyens d'investigation les plus puissants du minéralogiste.

Enfin les belles recherches de MM. Osmond, Le Chatelier, Charpy, ont fait apparaître tout le parti qu'en pouvait tirer le métallurgiste au point de vue de l'analyse des échantillons.

Spectroscopes. — Il convient encore, dans le domaine de l'optique, de distinguer le *spectroscope* qui, depuis les travaux classiques de Kirchhoff et de Bunsen, continués depuis lors par toute une pleiade de savants, est devenu un des instruments d'analyse les plus parfaits et les plus puissants puisqu'il a provoqué, comme on sait, la découverte de corps nouveaux avant même que les méthodes chimiques aient permis de les isoler : telle la découverte du *césium* et du *rubidium* par les deux grands physiciens allemands qui viennent d'être nommés, celle du *thallium* par M. Crookes, du *gallium* par M. Lecoq de Boisbaudran, de l'*hélium* par M. Ramsay, du *radium* par M. et Mme Curie.

Ce genre d'instrument a été particulièrement bien traité en France. Il me suffira de rappeler les ingénieuses et savantes dispositions dues à M. Thollon et, tout récemment encore, à MM. Broca et Pellin.

La perfection de la taille des prismes dont j'ai parlé tout à l'heure a, comme de raison, accru la puissance du spectroscope qui, adapté à la lunette astronomique ou au télescope, est devenu, notamment en France entre les

mains de M. Janssen et de M. Deslandres, l'outil par excellence des recherches astro-physiques.

Instruments photographiques. — Un facteur nouveau, de la plus haute importance, introduit dans les observations modernes, tient à la fixation même de ces observations par la *photographie*. Et c'est sans doute là, en cet ordre d'idées, la révolution la plus profonde qui aura marqué notre époque.

Longtemps considéré surtout pour son agrément, l'art inauguré par Niepce et Daguerre est devenu peu à peu le fondement d'une méthode scientifique nouvelle dont les applications ne se comptent plus et qu'une conférence spéciale suffirait à peine à passer en revue.

Avant d'en dire un mot, je dois vous faire observer que la photographie, même considérée simplement au point de vue de l'exécution du portrait ou du paysage, est devenue véritablement aujourd'hui un art de précision.

J'ai déjà dit un mot des soins apportés de nos jours à l'objectif photographique. J'ajouterai que l'étude dont il a été l'objet a permis de faire varier en quelque sorte ses qualités d'après l'usage auquel on veut l'appliquer. C'est ainsi, par exemple, qu'ont pu être constitués ces téléobjectifs qui permettent d'obtenir une si extraordinaire finesse sur les clichés de vues prises à plusieurs kilomètres de distance, qu'il s'y révèle des détails que l'œil serait impuissant à discerner directement.

Les appareils eux-mêmes sont devenus l'objet d'une construction rigoureuse qui les fait entrer dans les catégories des instruments de précision. La mise au point automatique définitivement introduite dans la pratique par M. Carpentier le jour où il en a trouvé une solution vraiment simple, exige la détermination mathématique des constantes de l'instrument, que sa construction doit réaliser avec une parfaite rigueur. L'obturateur automatique exige une précision non moins grande pour assurer,

quelles que soient les variations atmosphériques, les vitesses requises.

Mais nous avons ici à envisager surtout les applications scientifiques de la photographie ; or, ainsi que je l'ai déjà dit, ce domaine est immense. Il s'étend depuis la fixation de l'image des corps célestes jusqu'à celle des micro-organismes, et l'on peut dire d'une manière générale qu'il n'est point d'instrument d'observation, depuis les grands équatoriaux jusqu'au miscroscope, qui, par adjonction de la chambre noire (réalisée sous des formes diverses, sur le détail desquelles je ne puis entrer ici), ne soit devenu un instrument photographique.

Cette transformation a même permis, dans nombre de cas, d'accroître singulièrement la puissance des instruments auxquels on l'appliquait. C'est ainsi, par exemple, que le spectroscope complété par la plaque sensible a pu nous donner l'enregistrement de certaines radiations que notre œil eût été impuissant à saisir.

Dans le domaine de l'Astronomie, la photographie commençait dès 1864 à rendre de signalés services par le *photohéliographe* du colonel Laussedat, qui, construit pour l'observation d'une éclipse à Batna, a été employé depuis lors, en 1874 et en 1882, aux observations des passages de Vénus.

Elle a permis d'entreprendre cette œuvre gigantesque qui a nom la *carte céleste*. Les équatoriaux photographiques de MM. Henry, frères, fournissent sur des clichés carrés de 2 degrés de côté, portant des réseaux à mailles de 5′, d'une perfection inouïe, toutes les étoiles jusqu'à la 13e grandeur. Les mesures différentielles relevées sur ces clichés, au moyen de micromètres spéciaux, fournissent les coordonnées relatives des astres rapportés à certains repères avec une précision que ne sauraient atteindre les mesures directes. Pour la détermination des coordonnées absolues des astres servant de repères, M. Lippmann vient, par l'invention d'un ingénieux *collimateur coudé*,

dont les détails mécaniques ont été étudiés par M. Gautier, de donner le moyen de rendre à leur tour les instruments méridiens photographiques, ce qui aura pour effet, lorsque cette méthode nouvelle aura été suffisamment expérimentée, de faire de la plaque sensible un instrument de mesure astronomique universel.

C'est encore l'adjonction de la chambre noire à l'équatorial coudé dont je vous ai dit un mot tout à l'heure qui a permis à MM. Lœwy et Puiseux d'obtenir ces magnifiques photographies de la lune que tout le monde connaît aujourd'hui, ne fût-ce que par les épreuves qui ont figuré à l'Exposition de 1900, et qui sont un titre de gloire pour notre Observatoire. Notons en passant qu'en vue de l'obtention de ces belles épreuves, l'oculaire de l'équatorial a dû être complété par une pièce mobile dont le mouvement a été rigoureusement réglé pour tenir compte du déplacement relatif de la Lune par rapport aux étoiles.

Dans le domaine de la Topométrie, la photographie n'a pas été d'un moindre secours, grâce surtout au savant colonel Laussedat, créateur de cette application spéciale, aujourd'hui connue sous le nom de *métrophotographie*, en vue de laquelle il a combiné les dispositions d'un instrument nouveau, le *photothéodolite*, dont un type un peu différent a été, sous le nom de *phototachéomètre* (fig. 18), appliqué par M. Vallot à ses intéressants levers du massif du Mont Blanc.

Dans une conférence récente, le colonel Laussedat a apporté des preuves surabondantes de l'efficacité de sa méthode métrophotographique.

Il a, par la même occasion, fait une esquisse des applications auxquelles, dans le domaine de la mesure et de l'observation, est susceptible de se prêter la *stéréoscopie*. Je ne cite ici que pour mémoire cet art nouveau, qui n'en est encore qu'à sa naissance, mais qui, après ce que nous en a révélé l'intéressant exposé du colonel Laussedat, peut être tenu pour plein de promesses.

Mais, quelle que soit l'importance des applications déjà passées en revue, elles sont sans doute moins propres à surprendre notre imagination que celle qui a eu pour objet l'analyse des mouvements par la plaque sensible.

Les images immuables qu'elle nous donne d'une suite d'états instantanés se prêtent à toutes les constatations et,

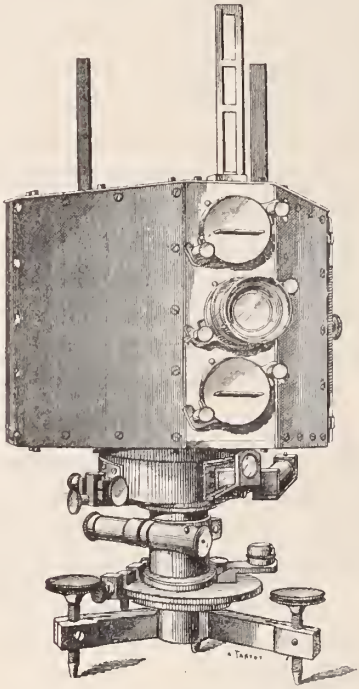


Fig. 18. — Phototachéomètre.
(*Construit par la maison Brosset, à Paris.*)

au besoin, à toutes les mesures. De là, la *chronophotographie*, fondée notamment par les beaux travaux du professeur Marey dont la fertile imagination a su multiplier les types d'instruments spéciaux en vue des problèmes, d'une extrême diversité, que soulève une telle étude.

Je ne saurais d'ailleurs me dispenser de rappeler l'intéressant complément ajouté à la chronophotographie par l'invention, à laquelle s'attache surtout le nom de M. Lu-

mière, du *cinématographe* qui, en faisant repasser, avec une rapidité suffisante, devant notre rétine la suite des épreuves instantanées précédemment obtenues, a permis, grâce à la persistance rétinienne, de nous redonner l'illusion du mouvement, comme le stéréoscope nous avait restitué celle du relief.

INSTRUMENTS DE CALCUL

Le besoin de précision de notre époque a rendu beaucoup plus générale la nécessité de recourir au calcul numérique, et, d'autre part, le temps consacré au calcul pourrait être mieux employé, et surtout de façon moins fastidieuse.

« Combien d'observations précieuses, a écrit le général Menabrea, restent inutiles au progrès des sciences parce qu'il n'y a pas de forces suffisantes pour en calculer les résultats ! Que de découragement la perspective d'un long et aride calcul ne jette-t-elle pas dans l'âme de l'homme de génie qui ne demande que du temps pour méditer et qui se le voit ravi par le matériel des opérations ! »

Or, grâce aux progrès aujourd'hui accomplis, le résultat de tout calcul peut, par divers moyens, être obtenu presque instantanément, sans aucune chance d'erreur.

Tables et nomogrammes. — Ces moyens résident dans l'emploi des *tables numériques*, des *abaques* ou *nomogrammes* et des *machines à calculer*.

Les *tables numériques*, très nombreuses aujourd'hui et s'appliquant à des calculs très divers, ne sont citées ici que pour mémoire.

Les *nomogrammes* comprennent tous les modes de représentation graphique fondés sur diverses combinaisons de systèmes de lignes ou de points cotés (1), figurés

(1) Dans le *Traité de Nomographie*, publié en 1899, chez Gauthier-Villars, où l'auteur de cette conférence a donné une théorie mathématique

sur un même plan ou sur plusieurs plans mobiles les uns par rapport aux autres.

Règles à calcul. — Ces instruments de calcul, d'une application à peu près universelle, sortiraient du cadre de cette conférence. Il en est pourtant une catégorie, très spéciale il est vrai, qui trouve sa place ici : c'est celle des *règles à calcul* introduites en France en 1821 par l'ingénieur géographe Jomard. Construites depuis lors par Lenoir, puis par ses successeurs, elles sont devenues d'un usage tout à fait courant.

Les règles à calcul ne s'appliquent en général qu'à des opérations portant sur des nombres de 3 chiffres significatifs. M. Lallemand en a fait pourtant construire une donnant les quatre chiffres pour le service du cadastre. Une autre, exposée par M. Beghin en 1900, fournit le même résultat sous une forme un peu différente.

En employant, au lieu d'une règle à glissière, un cylindre creux percé de fenêtres et glissant sur un manchon intérieur, on a pu atteindre les cinq chiffres. Tels sont les rouleaux Billeter ou Thacker.

Machines à calculer

Mais ce que nous devons surtout avoir en vue ici, ce sont les *machines à calculer* (1) proprement dites.

Additionneurs. — La première en date est l'*addition-*

complète de ces instruments de calcul, il leur avait étendu la dénomination d'*abaque* appliquée d'abord aux simples tableaux graphiques à quadrillage, dont l'aspect rappelle celui d'un damier (ἄβαξ). Il a, depuis lors, jugé préférable de les comprendre sous la dénomination beaucoup plus générale de *nomogramme*, proposée par M. Schilling précisément à la suite de la publication du Traité susnommé. Voir le Mémoire de l'auteur, intitulé : *Exposé synthétique des principes fondamentaux de la Nomographie*, extrait du 8e cahier du JOURNAL DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE.

(1) On trouvera beaucoup plus de détails sur ces machines dans notre opuscule : *Le Calcul simplifié par les procédés mécaniques et graphiques*, dont une seconde édition est en préparation chez Gauthier-Villars.

neur inventé en 1642 par Blaise Pascal, alors âgé de dix-huit ans, et dont les galeries du Conservatoire possèdent le modèle primitif. La simple inscription des chiffres composant les nombres à additionner, au moyen des roues visibles sur la platine de l'instrument, suffit à faire apparaître les chiffres du total aux lucarnes ménagées dans cette platine. Admirable dans ses dispositions de détail, pour l'époque à laquelle elle a été conçue, cette machine offre cet intérêt d'avoir, pour la première fois, établi la possibilité de substituer l'action d'organes mécaniques au travail cérébral pour l'exécution des calculs arithmétiques.

Bien d'autres types d'additionneurs ont été proposés depuis lors, et notamment celui du Dr Roth que possède aussi le Conservatoire, pour arriver aux machines américaines modernes, connues sous le nom de *comptomètres*, qui se manœuvrent au moyen de touches, comme les machines à écrire, et donnent, imprimés en colonne, les nombres soumis à l'addition, ainsi que le total.

Arithmomètres. — Le premier essai tenté pour effectuer mécaniquement la *multiplication* remonte à 1673 et est dû à Leibniz, dont la machine, fort ingénieuse dans ses dispositions théoriques, n'a jamais pu, à l'encontre de celle de Pascal, fonctionner de façon satisfaisante et est restée à l'état de simple curiosité scientifique.

C'est au financier français Thomas, de Colmar, qu'appartient le grand mérite d'avoir pour la première fois, en 1820, réalisé sous le nom d'*Arithmomètre* (fig. 19), une machine à multiplier susceptible d'un fonctionnement normal. Cette machine, où se rencontrent de petites merveilles d'ingéniosité mécanique dues soit à Thomas lui-même, soit au constructeur Payen, mort aujourd'hui, est restée le type classique de la machine de construction robuste, propre à effectuer les quatre opérations fondamentales de l'arithmétique, et plus particulièrement la multiplication. On a d'ailleurs remarqué que la propriété qu'ont les carrés des nombres entiers de pouvoir être

obtenus comme sommes des nombres impairs consécutifs, à partir de l'unité, permettait d'appliquer également cette machine à l'extraction des racines carrées.

Un inventeur russe nommé Odhner a établi une machine analogue qui diffère surtout de la précédente par la substitution, comme organe essentiel, aux cylindres à neuf

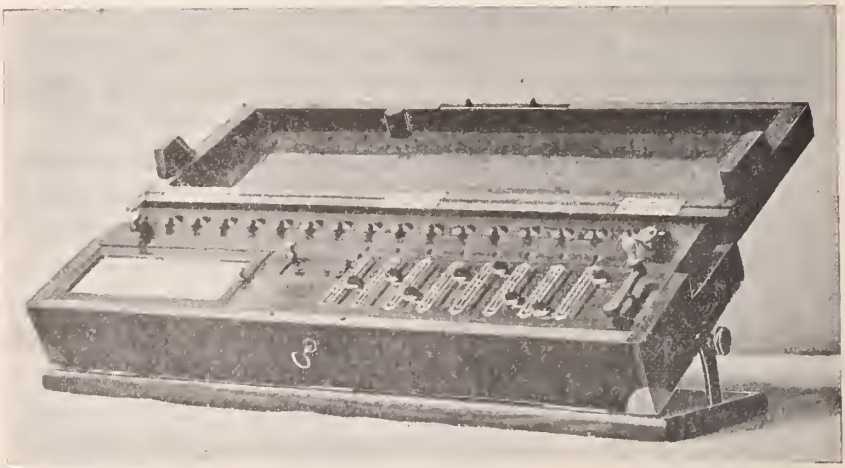


Fig. 19. — Arithmomètre Thomas.
(*Construit par la maison Payen, à Paris.*)

dents d'inégale longueur, de roues sur la tranche desquelles on peut faire saillir un nombre de dents variable de un à neuf.

Le brevet Odhner étant tombé dans le domaine public, cette machine est maintenant construite en plusieurs endroits sous des noms divers. En particulier, MM. Château, qui en ont établi une variété sous le nom de *Dactyle* (fig. 20), l'ont munie de divers dispositifs de détail de leur invention, qui sont très heureusement imaginés, l'un, entre autres, pour équilibrer rigoureusement l'inertie des pièces en mouvement et empêcher ainsi la machine de franchir, par vitesse acquise, la position dans laquelle elle doit s'arrêter.

Dans ces diverses machines, le multiplicande étant inscrit au moyen d'index mobiles sur une partie fixe de la machine, il faut pour chaque ordre décimal donner autant de tours de manivelle qu'il y a d'unités dans le chiffre correspondant du multiplicateur. En vue de réduire à un le nombre de tours de manivelle pour chaque ordre décimal, M. Léon Bollée, dont tout le monde connaît les inventions touchant l'automobilisme, avait, alors seule-

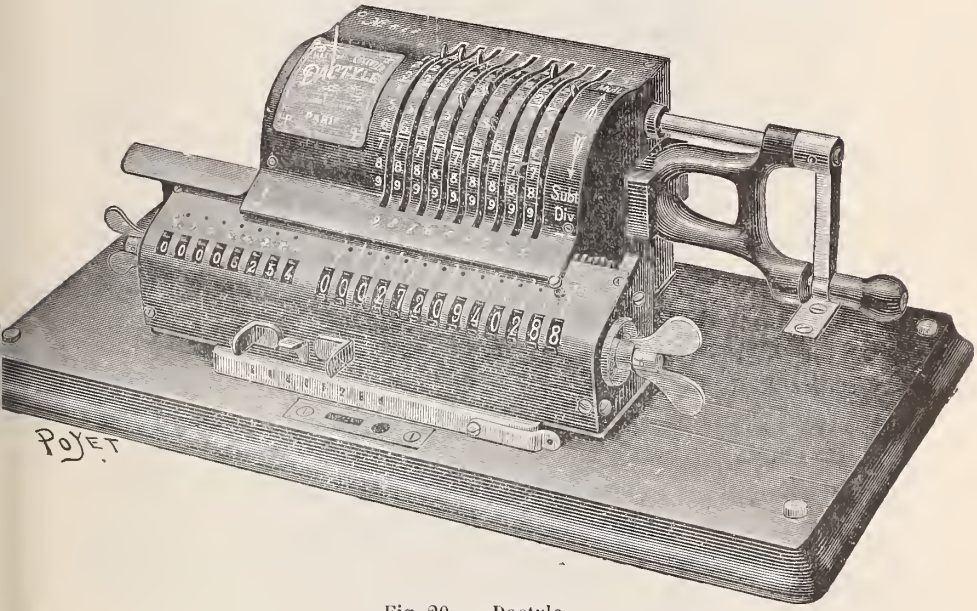


Fig. 20. — Dactyle.
(*Construite par la maison Château, à Paris.*)

ment âgé de dix-huit ans (l'âge de Pascal quand il conçut son additionneur), imaginé une très belle machine, aussi existante au Conservatoire, que son prix élevé a malheureusement empêché de se répandre.

Un inventeur du nom de Maurel avait précédemment construit un arithmomètre (qu'il avait baptisé du nom d'*arithmaurel* et dont l'exemplaire unique, je crois, appartient au Conservatoire) d'une bien plus grande rapidité encore, puisque la simple inscription du multiplicande et

du multiplicateur sur deux parties distinctes de la machine suffisait à faire apparaître le produit. Mais ce résultat, théoriquement très remarquable, n'était obtenu qu'à l'aide d'un mécanisme d'une telle délicatesse que la machine n'a, pour ainsi dire, pas pu fonctionner sans se détraquer.

Tout différent est le principe sur lequel est fondée la machine très intéressante que s'est plu à inventer l'illustre mathématicien russe Tchébichef, et dont il a donné à notre Conservatoire le seul exemplaire qu'il en ait jamais fait construire (fig. 21).

Avec cette machine, une fois faite l'inscription du multiplicande et du multiplicateur, il n'y a qu'à tourner la manivelle jusqu'à ce que la machine s'arrête d'elle-même. A ce moment le résultat se lit sur la partie cylindrique qui prolonge le mécanisme de la multiplication et qui, dégagée de ce mécanisme, peut très commodément être employée comme additionneur.

Machines analytiques. — Je dois mentionner ici que le savant anglais Babbage a conçu une machine dite *analytique* propre à effectuer sur des nombres inscrits au moyen de rondelles chiffrées empilées en colonnes, une opération arithmétique quelconque. L'élément, variable avec l'opération, consiste en une plaque mince ajourée, du genre de celles qui interviennent dans les métiers de Jacquart. Dans la machine projetée, le résultat devait être donné tout imprimé avec l'exacte indication de l'opération effectuée. Mais, après avoir fait exécuter toutes les pièces nécessaires, jusqu'aux moindres vis, l'auteur mourut sans avoir même pu entamer le montage de sa machine. Recueillies au South Kensington Museum de Londres, ces milliers de petites pièces attendent encore, éparses sous une vitrine, qu'un mécanicien sagace s'aidant de la description laissée par Babbage achève l'œuvre interrompue du savant anglais.

Une machine analogue, inventée par deux Suédois, MM. Scheutz père et fils, permet de calculer les tables

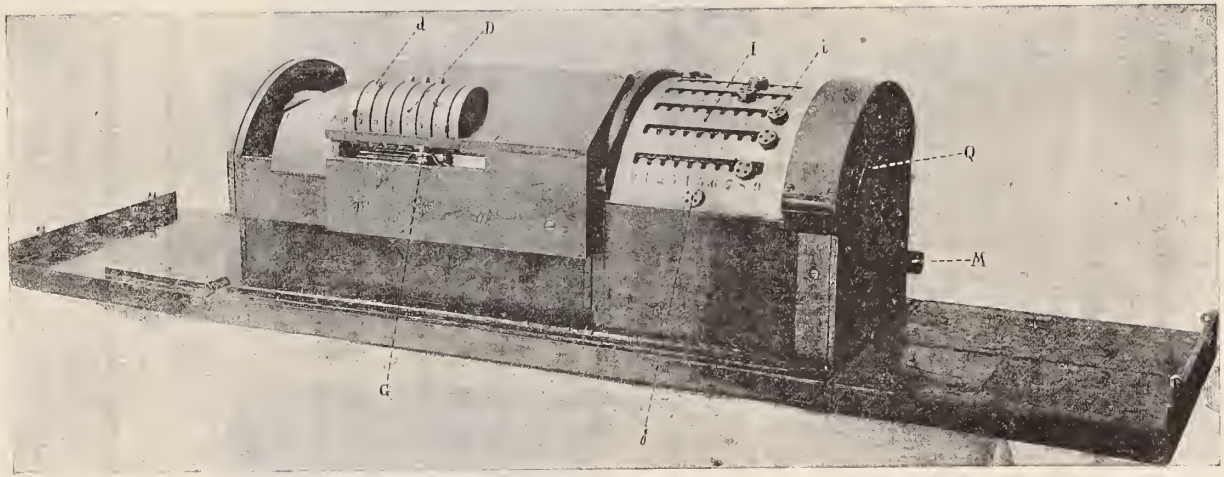


Fig. 21. — Machine Tchébichef.

des fonctions au moyen de leurs différences quatrièmes. Elle a figuré à l'Exposition de 1855. Offerte par la générosité d'un riche Américain à l'Observatoire Dudley, d'Albany, aux États-Unis, elle y a été utilisée pour le calcul de tables de logarithmes.

M. Léon Bollée, qu'on peut croire sur parole lorsqu'il annonce une invention mécanique nouvelle, a projeté aussi une machine de ce genre mais opérant sur les différences vingt-septièmes, au lieu de quatrièmes. Ses autres travaux ne lui ont malheureusement pas permis jusqu'ici de réaliser son projet.

Machines algébriques. — Toutes les machines précédentes ont pour objet le calcul de nombres explicitement

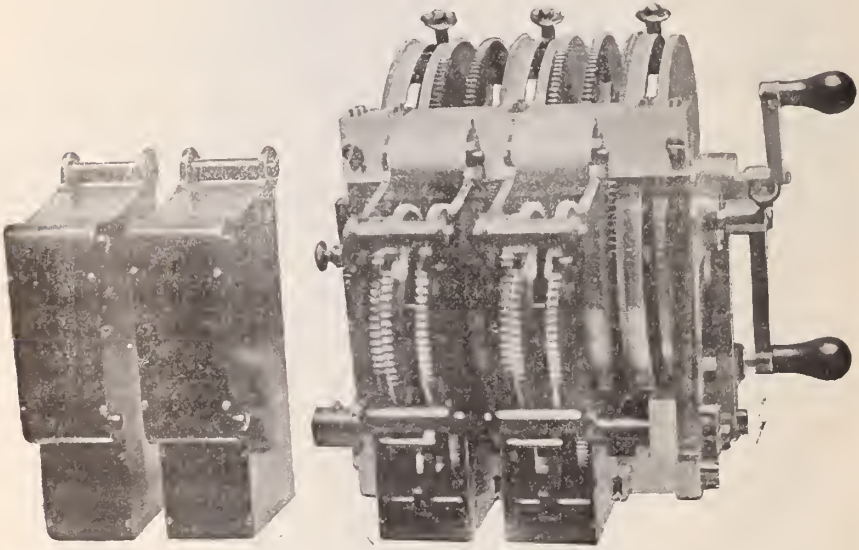


Fig. 22. — Machine Torres.
(*Construite par la maison Château, à Paris*)

formés au moyen de certaines opérations arithmétiques. Est-il possible de déterminer mécaniquement des nombres qui soient implicitement reliés à d'autres par des expressions analytiques ? Est-il possible, en d'autres termes, de résoudre mécaniquement des équations ? M. Leonardo

Torres, de l'Académie des Sciences de Madrid, a tranché la question par l'affirmative. Et non seulement il a, dans un savant Mémoire approuvé par l'Institut et inséré dans le *Recueil des savants étrangers*, donné tous les principes qui établissent la possibilité de la résolution mécanique complète d'une équation algébrique, et même d'un système quelconque d'équations, mais il a encore, pour la réalisation matérielle de sa conception, imaginé une foule de dispositifs mécaniques d'une remarquable originalité. Il va sans dire que, dans des cas un peu généraux, la construction d'une telle machine algébrique ne laisserait pas d'être assez dispendieuse. Néanmoins M. Torres a fait construire à Paris un modèle de sa machine (fig. 22) pouvant s'appliquer à des équations trinomes des six premiers degrés.

A la vue des merveilles de science, d'ingéniosité et d'habileté, sur lesquelles je me suis efforcé d'attirer votre attention, on ne peut que répéter cette belle parole de Bossuet, que j'ai déjà eu occasion de faire entendre dans cette enceinte :

« Après six mille ans d'observations, l'esprit humain n'est pas épuisé ; il cherche et il trouve encore, afin qu'il connaisse qu'il peut trouver jusques à l'infini, et que la seule paresse peut mettre des bornes à ses connaissances et à ses inventions. »

MAURICE D'OCAGNE.

LA SYRIE

ET

SON IMPORTANCE GÉOGRAPHIQUE (1)

In medio gentium posui eam et in circuitu ejus terras.
(Ezéchiel, V, 5)
Syria, quondam terrarum maxima.
(Pline. L. V, c. 13)

« Il est une contrée où l'Europe, l'Asie et l'Afrique se touchent et vivent sur les mêmes rivages ; terrestre et maritime à la fois, elle est un marché aux cents villes, un port où s'échangent les produits de ces continents, où se croisent et aboutissent les routes commerciales du vieil univers ; la plus ancienne où l'homme retrouve les vestiges de ses pas, elle a vu commencer les principales des religions qui devaient unir et ont divisé les sociétés. Nulle part sur un si petit espace ne se mêlent et se heurtent autant de races, de cultes, de souvenirs, d'intérêts et d'ambitions. »

Ces lignes, par lesquelles M. Étienne Lamy ouvre son beau livre *La France du Levant*, nous les transcrivons volontiers au commencement de ces leçons, consacrées à l'étude de la Syrie, la terre toujours hospitalière qui nous réunit en ce moment (2).

(1) Leçon d'ouverture de la Faculté orientale de l'Université Saint-Joseph de Beyrouth.

(2) Comparez ce passage de saint Jérôme : « In incerto peregrinationis erranti... Syria mihi velut fidissimus naufrago portus occurrit ». *Epistola III ad Rufinum* (Migne, P. L. XXII, c. 333).

I

La Syrie est avant tout le pays du passé. Depuis des milliers d'années l'humanité garde le souvenir d'un Éden, d'un jardin paradisiaque. Depuis qu'elle a conscience du problème de ses origines, elle se pose la question, devenue le titre d'un savant livre de Delitsch : *Wo lag das Paradies*, Où se trouvait le Paradis ? Éternelle question, toujours posée, jamais résolue.

Si rien ne nous oblige à replacer cet Éden près de notre bonne ville de Beyrouth, au sommet de la colline de Mar Dimitri, comme le voulait Lamartine (1), nous avons le droit d'observer que la tradition est plutôt favorable à la Syrie et que, parmi les autres solutions proposées, les plus acceptables ne nous écartent guère des frontières de ce pays.

Mais en laissant de côté l'insoluble problème de l'Éden primordial, la question peut être serrée de plus près en la limitant aux origines strictement historiques des principales familles humaines, celles dont l'influence demeure encore prépondérante, nous voulons parler des races sémitique et indo-européenne.

Pour la première, une opinion qui ne tardera pas à rallier l'unanimité des savants place son berceau dans la grande presqu'île comprise entre le Golfe Persique, l'Océan Indien et la Méditerranée orientale (2).

Quant à la famille indo-européenne, qui nous intéresse à tant de titres, la linguistique, l'histoire des religions,

(1) « Dieu n'a pas donné à l'homme de rêver aussi beau qu'il a fait. *J'avais rêvé Éden, je puis dire que je l'ai vu.* » *Voyage en Orient*, I, 454, édit. Hachette.

(2) Voir une bibliographie de la question dans Maspéro, *Histoire ancienne des peuples de l'Orient*, I. 550. Ajoutez-y H. Winckler, *Die Völker Vorder-Asiens* et les autres collaborateurs de la collection *Der alte Orient* lesquels présentent la péninsule arabique comme la « Völkerkamer » des Sémites, le grand réservoir d'où ils débordent périodiquement sur l'Asie antérieure.

l'anthropologie, la palethnologie, appelées à témoigner, ont accumulé plus d'obscurité qu'apporté de vraie lumière. Heureusement nous ne sommes pas condamnés à attendre la fin de ces débats. Un fait nous suffit :

« C'est principalement vers l'Asie antérieure que les historiens de l'Europe sont ramenés par l'étude des documents anciens. En remontant par la pensée le cours des siècles, on voit les ténèbres s'épaissir sur les régions, aujourd'hui si brillantes, de l'Occident, tandis que la lumière apparaît à l'orient de la Méditerranée, à la fois sur les bords du Nil africain et dans les contrées de l'Asie limitrophes, sur les plages syriennes, les rives de l'Euphrate. Nos origines restent inconnues, mais les commencements de la civilisation qui s'est développée de siècle en siècle pour devenir le patrimoine commun des peuples de l'Europe et du nouveau monde se retrouvent dans les contrées sud-occidentales de l'Asie (E. Reclus, *Asie Antérieure*. 1. 2.). »

Pays des origines historiques de l'humanité, située à peu près vers le centre géométrique du groupe de terres ayant formé l'ancien monde, la Syrie occupe une position géographique merveilleusement adaptée à cette destinée providentielle. Poste avancé sur l'extrême limite de l'Orient ; séparée de l'Asie antérieure par de hautes montagnes, les massifs du Taurus, et par un vaste désert, celui de l'Arabie ; rattachée à l'Afrique par une mince langue de terre, l'isthme de Suez ; placée sur les bords de la Méditerranée, elle a utilisé cette seule voie ouverte à son activité (1) pour s'élancer vers les îles et les terres lointaines du Couchant, vers ces pays de l'avenir qui l'ont toujours attirée et sur lesquels elle devait exercer à son tour une action si profonde.

En la rapprochant ainsi de cette mer clémente, de ce vaste lac aux eaux invariablement bleues et lumineuses, la

(1) Cfr. Georges A. Smith, *Historic. geogr. of the Holy Land*, 21, 22.

Providence ne semblait-elle pas prédestiner d'avance les habitants de cette heureuse contrée au rôle d'initiateurs, de pionniers, de précurseurs qu'ils ont rempli et non sans gloire pendant plus de mille ans ?

Noble mais écrasante mission ! La Syrie aurait pu finir par s'y épuiser, en semant les trésors de son génie propre aux quatre vents de l'Univers. Cette même Providence a voulu prévenir ce danger en ouvrant la Syrie aux favorables influences de l'Occident. Après avoir largement donné, la Syrie a reçu à son tour. Suffisamment protégée par sa haute muraille de montagnes, par la vaste ceinture de ses solitudes, cette contrée a pu vivre sinon à l'abri des révolutions, du moins de la décrépitude où ont finalement sombré les vieilles civilisations orientales ; elle a pu retremper son esprit admirablement souple et compréhensif dans les plus fécondes inspirations du génie occidental.

Dans cette situation privilégiée, la Syrie de tout temps a formé comme un trait d'union entre l'Orient et l'Occident, sans appartenir exclusivement ni à l'un ni à l'autre, comme un passage par où les peuples de l'antiquité pouvaient venir en contact et se rencontrer ainsi que sur un terrain neutre. Ce contact, dans le plan de Dieu, devait être tout de paix et d'union ; trop souvent il fut sanglant : au lieu de cordiales poignées de main on y échangea surtout des coups d'épée.

« Certaines contrées semblent prédestinées dès l'origine à n'être que des champs de bataille, disputées sans cesse entre les nations. C'est chez elles et à leurs dépens que leurs voisins viennent vider de siècle en siècle les querelles et les questions de primauté qui agitent leur coin du monde. On s'en jalouse la possession, on se les arrache lambeau à lambeau, la guerre les foule et les démembre ; tout au plus leurs peuples peuvent-ils prendre parti, se joindre à l'un des ennemis, qui les écrasent et, l'aidant à triompher des autres, rendre du même coup leur servi-

tude assurée pour longtemps (Maspéro, *Hist. anc. des peuples de l'Orient*, II, 3). » C'est trop souvent le sort des pays pour lesquels la diplomatie moderne a inventé la théorie des *états tampons*, dénomination brutale, désignant des pays de troisième ou quatrième ordre, destinés à amortir le choc de deux grandes puissances, dont le contact immédiat pourrait compromettre la paix générale.

Situation peu enviable ! Ce fut celle de la Syrie, placée entre les colossales monarchies de l'Orient et par là même condamnée — comme plus tard la Belgique et la Lombardie en Occident — à devenir un vaste champ de bataille. Les premières comme les dernières pages des annales syriennes peuvent en témoigner : elles nous font assister à un défilé incessant de conquérants, d'armées en marche ou aux prises. Les noms seuls changent.

Hittites, Égyptiens et Assyriens, Ptolémées et Séleucides, Romains, Parthes ou Persans, Sarrazins et Francs. Aucune contrée de l'Asie antérieure n'a été abreuvée de plus de sang humain ! Placée par sa situation au point de rencontre des peuples, elle devient l'enjeu éternel des batailles. Nous montrerons plus loin comment la configuration intérieure de la Syrie et son morcellement géographique ne permirent pas à ce pays d'échapper à cette fatalité du site.

« Les primitives monarchies d'Assur et de la Chaldée, dit Lacordaire, y ont envoyé sans relâche leurs généraux : Alexandre y fut arrêté devant Tyr ; ses successeurs se disputèrent avec acharnement ce débris de sa couronne ; les Romains en prirent possession ; le moyen âge y poussa toute sa chevalerie durant deux cents ans ; Napoléon y fit luire sur le sable un éclair de son épée. »

Les plus grands capitaines de tous les âges ont de la sorte traversé la Syrie. Nous avons nommé Alexandre et Bonaparte. A cette énumération hâtons-nous d'ajouter Ramsès II, Nabuchodonosor, Jules César, Baibars, Sélim le Conquérant et enfin Ibrahim-pacha d'Égypte : noms

imposants, presque tous réunis sur les stèles et les inscriptions de cet étrange musée en plein air qu'on appelle le *Col du Fleuve du Chien* (1).

Que venaient chercher ces grands hommes sur cette terre dont le présent modeste, presque obscur, contraste si violemment avec l'éclat de pareils souvenirs ? Nous venons de nommer Ibrahim-pacha. Ce souvenir rappelle que la constante préoccupation des pouvoirs qui se sont succédé en Égypte fut la conquête de la Syrie. Ce n'était pas tant la richesse du sol qui les attirait dans le long quadrilatère formé par la Méditerranée, le Taurus et les déserts d'Arabie et du Sinaï. A part certains cantons actuellement encore d'une inépuisable fécondité, la Syrie est une bien maigre proie en comparaison de la riche vallée du Nil. Seulement — et les Pharaons l'ont compris tout comme les Lagides, les Fatimites, les Mamlouks et les Khédives modernes — les deux pays paraissent se compléter l'un l'autre. L'Égypte ne peut espérer la paix qu'à condition de posséder la Syrie. Celle-ci possède dans l'isthme de Suez la porte de l'Égypte, ouverte au nord à tous les coups de main, comme à l'invasion constante des tribus nomades, qu'attire la richesse des campagnes égyptiennes (2). La position géographique de la Syro-Palestine, son sol accidenté et coupé en font une base stratégique excellente pour les opérations dirigées contre l'Asie. Sa population forte et guerrière forme un recrutement bien supérieur à celui des fellahs égyptiens, généralement assez pauvres soldats (3). Enfin les replis et les

(1) Sur l'importance du col du Nahr al-Kalb, cfr. *Die Phönizier* (*Alte Orient*, II, 120). Salmanazar II qui s'y était également fait représenter l'appelle « Baal-râs », le cap de Ba'al ; à moins qu'il n'ait prétendu désigner de la sorte le Θεοῦπρόσωπον ou Râs Saq'a. Voir pourtant Schrader-Winckler, *Die Keilinschriften u. das alte Testament*, 43.

(2) Voir dans Maspéro (*Hist. ancienne*, I, 351) les efforts des plus anciennes dynasties pour barrer l'isthme.

(3) Le même jugement s'applique aux anciens Égyptiens. Cfr. W. Max Müller, *Die alten Ægypter als Krieger und Eroberer in Asien* dans *Der alte Orient*, V, 7. Sous le régime des Fatimites et des Mamlouks, les troupes

forteresses de ses montagnes pouvaient servir d'abris en cas de défaite.

Des raisons analogues attirèrent en Syrie les généraux de l'Assyrie et de la Babylonie, cette Égypte asiatique, baignée par des fleuves presque aussi merveilleux que le Nil africain.

Désireux de s'assurer l'accès de cette Méditerranée par où s'écoulaient les riches produits du commerce indien — question vitale pour la double vallée du Tigre et de l'Euphrate (1) — les monarques d'Assur n'eurent qu'à marcher sur la trace des caravanes phéniciennes ; avides qu'ils étaient en même temps de se mesurer dans le grand champ clos du Levant avec les Égyptiens, les seuls rivaux capables de leur disputer l'empire du monde antique. Souffrant chez eux non moins que ces derniers du manque de bois, ils ne voulaient pas laisser à l'Égypte seule l'exploitation des riches forêts de cèdres (2), utilisés dans la construction et la décoration de leurs monuments, où on les retrouve de nos jours.

C'est une constatation assez inattendue que l'influence des forêts libanaises sur les destinées politiques de la Syro-Palestine. Si d'un côté, en fournissant aux Phéniciens d'incomparables matériaux de construction, elles leur assurent le monopole de la grande navigation, d'autre part elles excitent les convoitises de puissants voisins et contribuent à les attirer dans le pays.

Ces luttes — dont elle était l'enjeu — avaient simplement révélé à la Syrie à quels excès peut se laisser

égyptiennes se composaient exclusivement d'étrangers (Cfr. Wüstenfeld, *Geschichte der Fatimiten Chalifen*, II, 38, note 1). Pour les époques plus modernes la situation est mieux connue. Rappelons seulement les peines que se donnent les Anglais pour transformer en soldats les fellahs de la vallée du Nil.

(1) Cfr. Schrader-Winckler, *Die Keilinschriften und das alte Testament* (1903), pp. 37, 41, 46, 78.

(2) Cfr. Maspéro, *Hist. ancienne*, I, 392, 393.

entraîner la force brutale. L'Occident allait maintenant lui donner d'autres leçons.

La Grèce l'initia à la vie des arts. Rome lui offrit pour la première fois l'idéal d'un régime politique, heureux tempérament de force et de libéralisme, capable d'imposer l'union et de promouvoir efficacement la prospérité matérielle. Le moyen âge chrétien lui apprit comment on se dévoue pour une idée. Ce fut la religion qui amena dans les plaines de Syrie, sous les murs de nos antiques cités la fleur de la chevalerie occidentale (1).

Mais par delà la conquête des lieux saints, œuvre très réelle de foi et d'enthousiasme, on visa aussi la possession d'un pays riche ; véritable essai de colonisation, entreprise réfléchie, méthodique et raisonnée, un jalon enfin posé sur cette route des Indes dont les plus entreprenants parmi les peuples rêvèrent toujours la conquête.

Heureuses les nations qui n'ont pas d'histoire ! Ce n'est pas — on vient de le voir — le cas de la Syrie. Il eût mieux valu sans doute pour le bonheur de ses habitants de ne pas attirer à ce point l'attention des capitaines et des chefs d'empire. Mais pas plus que les individus, les nations n'ont la faculté de se faire leur sort et de déterminer la série des événements, qui composeront la trame de leur existence politique.

III

Si, comme on l'a affirmé de l'Italie, Dieu a fait à la Syrie le don redoutable de la beauté et d'une situation trop en vue, nous pouvons ajouter que dans un ordre d'idées plus heureux, il l'a créée pour être la voie merveilleuse, reliant

(1) Selon la remarque de Georges A. Smith, parmi tous les conquérants, seuls les Croisés furent attirés en Syrie, « because she was herself, in their eyes, the goal of all roads, the central and most blessed province of the world » (*Historical geogr.*, 13).

les trois parties de l'ancien monde (1). Resserrée entre la mer et le désert, offrant la seule route de trajet facile entre l'Asie et l'Afrique, la Syrie grâce aux Phéniciens demeura longtemps un vaste entrepôt commercial, une véritable région œcuménique, lieu de passage d'une caravane séculaire. Les habitants du littoral syrien devinrent les plus hardis navigateurs de l'antiquité et pendant de longs siècles les maîtres incontestés de la mer, comme les Anglais le sont de nos jours. Ils se firent les commissionnaires de tous les peuples méditerranéens, eurent leurs comptoirs sur toutes les plages. Tyr et Sidon exercèrent une sorte d'empire colonial sur tous les rivages du monde antique.

Cette situation de petits organismes politiques, comme l'étaient les oligarchies phéniciennes, dominant au loin de vastes dépendances, ne renferme rien de contradictoire. L'histoire — telle que nous l'avons connue depuis — nous apprend que les États à territoire restreint, possédant sur la mer une porte de sortie, colonisent plus vite et mieux que les grands empires continentaux, voués fatalement à la colonisation intérieure avant de pouvoir entreprendre celle du dehors ; témoins Venise, le Portugal, les Pays-Bas.

L'argument géographique démontre également que la nature du pays devait faire des Phéniciens un peuple de marins et de commerçants. De nos jours la supériorité du commerce anglais tient à trois ordres de causes ; les unes géographiques : large développement des côtes ; les autres géologiques : abondance du charbon ; d'autres enfin, politiques : le système du libre-échange. Les Phéniciens étaient-ils libre-échangistes ou protectionnistes ?

(1) Plus encore que l'amour des conquêtes, des raisons d'ordre économique déterminèrent les invasions assyriennes en Syrie. C'était seulement à condition de posséder ce pays qu'on commandait réellement la route transcontinentale du commerce indien. La conquête de la Babylonie n'assurait qu'un des deux aboutissants de cette voie.

Nous l'ignorons. Quant au charbon, dont ils n'auraient su que faire, il était avantageusement remplacé par les inépuisables richesses de leurs forêts. Il nous reste seulement à déterminer les causes géographiques, qui leur assurèrent le monopole du commerce maritime.

La chaîne du Liban qui court parallèlement à la côte projette de distance en distance vers la mer des caps abrupts. Nommons les principaux : Râs al-Abiad (entre Acre et Tyr), Râs Nahr al-Kalb et surtout la formidable pointe du Râs 'Saq'â, entre Batroûn et Tripoli. Entre ces contreforts massifs, servant comme d'appuis aux cimes du Liban, il n'y a place que pour des vallées étroites et profondes, des plaines de médiocre étendue, de longs rubans de sable et d'argile que coupent brusquement d'autres éperons rocheux, des caps anguleux, taillés en escaliers et poussant hardiment vers les flots leur dentelure de silex. La population, établie sur cette étroite bande de terre, resserrée entre la montagne et la mer, dut de bonne heure demander à ce dernier élément les moyens d'améliorer son existence par la pêche d'abord, ensuite par la petite navigation ou cabotage. Saïda — son nom l'indique — fut un lieu de pêche avant de devenir un grand centre maritime.

Aujourd'hui que des routes, dites carrossables, longent le rivage de Saïda à Batroûn, nous n'accordons plus guère attention à cette curieuse configuration de la côte. Circulant le long de la mince corniche phénicienne, des voitures, auxquelles s'est jointe récemment la vapeur (1), contournent promontoires et caps, excepté pourtant le dernier, le Râs 'Saq'â contre lequel paraît devoir échouer encore longtemps la science des ingénieurs libanais.

Mais si vous suivez les routes anciennes, vous serez frappé des difficultés de passer d'une vallée dans l'autre, des longs détours et des ascensions pénibles pour atteindre un point très rapproché à vol d'oiseau. Dès que le moindre

(1) Par l'établissement des tramways libanais, reliant Beyrouth à Mo'âmilatain et devant être prolongés jusqu'à Tripoli, au nord, et Saïda, au sud.

courant commercial se fit sentir en Syrie, on dut songer à doubler la route de terre par la voie de mer.

Certes les abris maritimes sont rares et la côte peut passer de nos jours pour inhospitalière. Les rades et les ports font à peu près défaut ; il manque un chapelet d'îles côtières qui sollicitent la curiosité du terrien et encouragent chez lui l'esprit d'aventures. Ajoutez qu'en hiver les navires sont fréquemment empêchés pendant dix ou quinze jours de s'arrêter non seulement devant le port malfamé de Jaffa, mais même de jeter l'ancre dans les rades de Caïffa (1) et de Tripoli. La navigation antique — est-il besoin de le dire ? — différait totalement de la nôtre. On ne naviguait que pendant la belle saison. Loin de rechercher les anses profondes, le marin affectionnait les caps ou les îlots près du rivage, car la moindre brise s'y faisait sentir. La grande barque pontée qu'était le navire phénicien tirait si peu d'eau qu'elle pouvait remonter le Nil jusqu'à Thèbes (Maspéro, *op. cit.* II, 407). Elle cinglait d'un cap à l'autre, cabotait du Théouprosôpon au Râs Beyrouth et au Carmel. Tripoli et Beyrouth sont bâties sur des promontoires. Les vieilles cités d'Arad, Sidon et Tyr utilisaient les îles à quelques encâblures du rivage. Les sources en tous ces points abondent et permettent à l'entour une culture intensive (2).

Aujourd'hui, dès que le gros temps s'annonce, le navire lève l'ancre et fuit vers la haute mer : il faut éviter d'être

(1) Orthographe vicieuse et contraire à l'étymologie arabe. On commence à s'en apercevoir : « Les auteurs semblent s'accorder à l'appeler *Haifa*. C'est l'orthographe que nous avons adoptée. » Ainsi s'expriment fort justement les auteurs de l'excellent travail : *Les Puissances étrangères dans le Levant, en Syrie et en Palestine*, par N. Verney et G. Dambmann, p. 357. Dans *La Syrie d'aujourd'hui*, M. Lortet écrit également Haifa, conformément à l'ancienne orthographe Ἡφά (Eusèbe, *Onomasticon*, 228, 16). La graphie vicieuse Caïffa dérive probablement de la forme *Caïphas*, adoptée par les Croisés.

(2) Cfr. R. Dussaud, *Les premiers renseignements historiques sur la Syrie*, dans la REVUE DE L'ÉCOLE D'ANTHROPOLOGIE, 1902.

jeté à la côte. Les Phéniciens se contentaient de tirer la barque à terre.

Géographiquement parlant, la côte de Syrie offrait à la navigation primitive de véritables facilités ; les étapes étaient courtes, les sources nombreuses et jamais taries, la voie rapide, puisque la route, parallèle à un rivage presque rectiligne (1), sans golfes ni havres profonds, était toujours en ligne droite ; tout cela sans parler du régime des vents stables et modérés. Dans ces conditions le rivage syrien ne pouvait demeurer désert des siècles durant, « abandonné aux troupes des oiseaux et des monstres marins, sans flottes, sans barques de pêche, de guerre ou de commerce » (V. Bérard).

Cependant si la côte de Syrie est des mieux appropriées à la navigation primitive, elle n'est pas — comme on l'a vu — sans offrir quelque danger.

Entièrement découverte, battue par une houle redoutable, quand souffle le vent du nord, coupée de caps anguleux que bordent des récifs, sans un véritable abri, elle exige du marin des qualités d'observation, elle l'entraîne à une lutte méthodique contre l'élément. Elle l'habituait de la sorte à la grande navigation pour laquelle les forêts de cèdres du Liban lui fournissaient les bois les plus solides et les plus résistants.

En dehors des conditions favorables à la navigation, la côte de Syrie — une étroite bande d'alluvions, attachée à la base de la chaîne libanique — développe parallèlement chez ses habitants les qualités d'alpiniste (2) ; après en avoir fait des marins, elle en forme des caravaniers,

(1) Les sables, charriés par le Nil et entraînés par le courant et les vents du sud-ouest le long de la côte, ont certainement leur part dans cette régularité, remarquable surtout sur le rivage palestinien au sud du Carmel. On peut dire avec G. A. Smith (*op. cit.* 128, note 2) « qu'après avoir créé l'Égypte, le Nil a contribué à former la côte syrienne ». On devine aussi pourquoi les premiers occupants du pays ont assis leurs villes sur des caps et des falaises, et cela à quelques kilomètres des embouchures des rivières, où les ensablements étaient à craindre.

(2) Voir R. Dussaud, *op. cit.*

Cette sorte de long préau, bordé d'écueils et de falaises, comme étouffé entre la montagne et les flots, ne suffit pas à nourrir la population qui l'habite. L'espace fait défaut au développement des olivettes et des champs de blé, indispensables aux ruches humaines, fixées le long de la côte. En récompense de ses services, Hiram ne demande à Salomon que d'importantes livraisons d'huile et de froment. L'absence d'îles véritables en vue de la côte, l'éloignement de Chypre (1), occupée par une population plutôt dense, obligent l'indigène à tourner aussi ses regards vers le continent, par suite à gagner du terrain sur la montagne, dont la muraille le sépare de l'intérieur et que ses chasseurs et ses bûcherons lui ont déjà appris à connaître. Pour y pénétrer il crée ces sentiers, taillés en escaliers, que nous avons tous suivis. Le muletier libanais les préfère souvent aux routes modernes et l'on ne sait ce qu'il faut le plus admirer : l'agilité de l'homme ou la vigueur des bêtes de charge et la sûreté de leurs pieds ? Formé à cette rude école, le muletier, le moucre enfin ne tarda pas à se transformer en conducteur de caravanes. Il remonta les vallées creusées par les rivières torrentueuses du Liban jusqu'aux brèches naturelles qui font communiquer le versant méditerranéen avec les plaines de l'intérieur, inépuisables greniers à blé, dont dépend l'existence de toute grande agglomération. De là il allait chercher au fond de la Chaldée les produits que ses compatriotes exporteront ensuite jusqu'aux îles perdues dans la « Mer ténébreuse ».

Pour les peuples, confinés dans d'étroites frontières, regorgeant d'énergies, de capitaux (2), exposés à toutes

(1) Voir à ce sujet une bonne remarque de C. Niebuhr, dans *Mith. VAG*, 1899, p. 124.

(2) Ils abondaient en Phénicie : on y trouvait toujours les contributions de guerre, sans cesse réclamées par les conquérants égyptiens, assyriens, perses, et dont le paiement rapide renouvelait constamment le bail d'autonomie de ces républiques marchandes. Pour donner une idée du montant de ces capitaux, rappelons que le tribut, exigé de Tyr par Tiglat Pileser II » s'éleva à la

les compressions que peut engendrer la politique économique des autres États, l'expansion commerciale et coloniale est commandée par la double loi de conservation et de progrès, qui est la loi même de l'humanité.

Nihil novi sub sole. Tout comme de nos jours, nos ancêtres syriens ou phéniciens, par delà les contrées, formant leur limite orientale, en avaient aperçu d'autres, rayonnant au fond de l'horizon d'un merveilleux prestige ; leur regard avait plongé dans les profondeurs de l'Asie et percé jusqu'aux deux grandes péninsules des Indes et au chapelet d'îles, leur prolongement naturel qui sont peut-être, par la richesse de la végétation, l'éclat des fleurs, la beauté des espèces, ce que la terre a produit de plus merveilleux. Dès lors, le monde civilisé en tirait la majeure partie des objets nécessaires à sa consommation et à son luxe : les épices, les parfums, les essences rares, les étoffes diaprées, les inimitables mousselines, ces tissus lumineux et pailletés, qui semblent garder en leurs plis un rayon de leur soleil, les chatoyantes soieries, qu'on s'estimait heureux de pouvoir acheter au poids de l'or. On tirait encore de l'Inde les métaux précieux : les lingots d'or et d'argent, les perles, les rubis, les saphirs, les diamants qui ornaient la couronne des rois et le front des princesses (1). La légende en faisait une terre de merveilles, un archipel d'îles enchantées, où le sable est d'or, où les arbres répandent des parfums qui donnent la force et la santé, où les oiseaux ont un plumage de diamants et parlent avec une sagesse qui manque ailleurs aux hommes.

Du commerce avec les Indes dépendait alors, comme plus tard au moyen âge, la fortune des cités ou des nations (2).

somme, fabuleuse alors, de 52 000 000 de francs de notre monnaie, plus du double de ce que paya Damas, capitale d'un grand royaume, cinq fois ce que Babylone, la métropole de l'Asie occidentale, versa dans le trésor de ce même Tiglat, le double du montant des recettes brutes que touche annuellement le gouvernement serbe ». Archinard, *Israël et ses voisins asiatiques*, 99.

(1) Cfr. A. Vandal, *Voyages du marquis de Nointel*, p. 277.

(2) L'Arabie revit chaque fois que la voie de l'Euphrate est barrée ou

Il se pratiquait alternativement, suivant les vicissitudes de la guerre et de la politique économique des grands États de l'ancien Orient, par l'intermédiaire des peuples de la Chaldée et de la péninsule arabique. Les produits de l'Inde, confondus avec ceux de l'Extrême-Orient, étaient apportés par des caravanes qui leur faisaient traverser l'Asie centrale ou étaient recueillis sur les bords du Golfe Persique et la mer Rouge. Les commerçants phéniciens allaient les chercher jusqu'en Babylonie ou dans l'Arabie heureuse et les amenaient dans les ports syriens de la Méditerranée.

Une des lois dominant les relations économiques du monde ancien, c'est que « le commerce choisit toujours la voie de terre *maximum* pour la voie de mer *minimum* ; on préfère plusieurs journées sur les routes à quelques heures sur les « sentiers humides ». Notre commerce aujourd'hui est avant tout maritime ; je veux dire qu'il emprunte la voie de mer toutes les fois qu'il le peut et le plus loin qu'il le peut. C'est pour lui la voie la plus rapide et surtout la moins coûteuse ; il prend donc la route de terre *minimum* pour la route de mer *maximum*. Mais ceci ne date que de la grande marine à voiles et surtout à vapeur (1). Auparavant la route de mer n'était que le complément des voies de terre. Car on voit bien quand on s'embarque et où l'on veut aller, mais l'on ne sait jamais quel vent on rencontrera au détour du prochain cap, ni quel refuge on sera forcé de gagner au plus vite. Sur leurs petits bateaux les anciens ont toujours évité la mer autant qu'ils ont pu » (V. Bérard, Revue arch., 1899,

rendue plus difficile ; comparez l'histoire des États minéen, sabéen, nabatéen, l'importance des villes du Higâz : la Mecque, Médine au temps de Mahomet.

(1) Les Croisades ont grandement favorisé cette évolution. Pour la première fois on voit les peuples du nord-ouest de l'Europe, Suédois, Anglo-Saxons, Flamands se risquer sur de frêles embarcations pour aller en pèlerinage aux Saints Lieux. " L'immense traversée de deux mille lieues les effrayait moins que les difficultés des routes de terre „ (De Mas Latrie), où le morcellement féodal avait multiplié les barrières économiques.

I, 80). Ce n'est pas de leur temps que les projets de canaux interocéaniques ou « des deux mers » auraient pu réunir les capitaux nécessaires. Les Himiarites, séparés de l'Égypte par un simple bras de mer, préféraient à la voie si courte de l'Érythrée (1), la longue route des caravanes, longeant cette mer pour aboutir à Pétra ou à Gaza (2) et pratiquée encore jusqu'au temps de Mahomet (3).

Il faut donc nous défier de nos habitudes et de nos conceptions contemporaines si nous voulons comprendre l'importance économique de l'ancienne Syrie. La mer « grande route des nations entreprenantes », comme s'exprimait récemment le Roi des Belges, est une idée toute moderne.

Jusqu'à la découverte du Cap de Bonne-Espérance, la voie la plus courte et la plus sûre pour le trafic indien était la route de terre ou de la vallée de l'Euphrate. C'est seulement aux époques de troubles politiques, quand la guerre fermait la voie de communication entre le Golfe Persique et la Méditerranée orientale, que le commerce était obligé d'emprunter le chemin bien plus pénible et plus dangereux de l'Arabie méridionale ou de la mer Rouge. La prospérité de l'Égypte sous les Ptolémées, l'apparition de l'État nabatéen coïncident avec le déplace-

(1) Ainsi s'expliquent les prohibitions de Mahomet et des premiers califes, défendant aux musulmans de s'aventurer sur mer. Elles traduisaient l'horreur instinctive de l'homme primitif pour le perfide élément.

Nous croyons retrouver une trace de cette disposition d'esprit dans l'abus, fait par les Arabes, du vocable " bahr „ mer. Ils l'appliquent à la plupart des cours d'eau un peu considérables : au Nil, à l'Euphrate, au Tigre, même aux rivières de la Cilicie (c'est du moins le cas chez les Nosairis, JOURN. ASIAT., 1879² 207), aux lacs, comme ceux de Mzairib et de Homs. Chez les Hébreux également les lacs Asphaltite et de Tibériade portaient le titre de mer. En Syrie, le peuple donne le nom de « bahra » aux bassins ornant les cours (*dâr*) intérieures.

(2) Cfr. ZDMG, XXVIII, 308, où les références sont indiquées.

(3) La ville de Gaza doit à cette circonstance de posséder le tombeau de l'aïeul du prophète.

ment d'un de ces courants économiques, suite de la fermeture par les Parthes de la vallée de l'Euphrate (1).

Le grand mérite de ces habiles trafiquants qu'étaient les Syro-Phéniciens fut d'être les premiers à deviner l'importance de la route continentale par où, comme par une pente naturelle, les riches productions de l'Inde et de l'Extrême-Orient s'écoulaient vers le centre du monde civilisé. Ils comprirent également l'intérêt pour eux de les recueillir près du point de débarquement et, allant bien loin à la rencontre des caravanes transasiatiques, d'abréger pour elles l'ennui des trajets interminables. Courtiers émérites, intermédiaires appliqués à se rendre indispensables, ils s'ingéniaient à diminuer le nombre des intermédiaires entre eux et les producteurs primitifs. C'était supprimer du même coup les frais des manipulations multiples et des transmissions inutiles, se réserver le double avantage d'acheter bon marché et de revendre cher, enfin épargner à des concurrents étrangers la tentation de venir mettre le nez dans leurs affaires, de surprendre le secret de leurs débouchés et de partager avec eux les bénéfices des opérations commerciales.

Comme l'a fort bien observé H. Winckler (*Keilinschriften*, p. 169), les procédés de l'ancien commerce continental ne rappellent en rien ceux suivis de nos jours. Jadis nous voyons le marchand s'ébranler en personne, « pour visiter localités et gens, auxquels il destine ses articles. Les échanges par caravanes exigent un matériel humain autrement considérable que ceux par chemin de fer ou bateau à vapeur. La caravane passe d'un endroit à l'autre et entre en contact immédiat avec les populations. Les intermédiaires des communications modernes ne connaissent que la halte de nuit, les stations terminus et les

(1) Aussi, comme l'observe H. Winckler, la civilisation euphratésienne a-t-elle agi plus puissamment que celle de la vallée du Nil sur les pays méditerranéens, la Mésopotamie présentant comme entrepôt commercial des avantages que n'offrait pas l'Égypte. Cfr. *Der Alte Orient*, II, 9.

ports de mer. Des peuples qu'ils voient en passant, ils ne se forment aucune idée, n'apprennent guère la langue, tandis que le négociant-caravanier, apportant lui-même ses marchandises aux particuliers, est forcé de les étudier, ainsi que leurs caractères distinctifs. »

Toutes ces connaissances, acquises dans de longues courses de terre et de mer, les Phéniciens surent merveilleusement les utiliser dans l'intérêt de leur commerce et de leur industrie.

Grâce à leur savoir-faire, à l'accaparement, à l'exploitation méthodique des commerces maritime et continental, jusque vers la fin de la période gréco-romaine, les routes coupant la Syrie du nord et du centre, celle même traversant le désert syrien, remplirent pour le commerce international le rôle que joue aujourd'hui le canal de Suez. Palmyre fut le Port-Saïd de l'antiquité (1) ; un Port-Saïd élégant, artistique, non pas seulement une banale agglomération d'échoppes, de boutiques et de comptoirs, mais encore une réunion de temples, de portiques, peuplés de statues et de monuments, une ville enfin où à côté des préoccupations du lucre il y avait place pour les plus pures jouissances de l'esprit.

Arrêtons-nous encore un instant pour contempler cette heureuse position géographique de la Syrie, au carrefour des routes commerciales de l'ancien monde, tout près de l'isthme rattachant l'Asie à l'Afrique, entre la vallée du Nil et de l'Euphrate — sièges des plus grandes civilisa-

(1) Création pourtant aussi artificielle que le Port-Saïd égyptien. Elle succomba moins sous les coups des légionnaires d'Aurélien qu'à la suite des guerres incessantes entre les Romains et les Perses — successeurs des Parthes — lesquels fermeront de nouveau la vallée de l'Euphrate. Justinien relèvera les remparts de Palmyre, y établira une forte garnison ; mais ces mesures ne feront pas reprendre au commerce le chemin de la Palmyrène. Bosrâ (Haurân) profitera de cette décadence et deviendra l'importante place commerçante qu'elle était encore au moment de la conquête arabe. Cfr. A. Harnack, *Mission und Ausbreitung des Christent.*, p. 445, note 3. Sur le réseau de voies commerciales, rayonnant de Bosrâ, voir R. Dussaud, *Mission dans les régions désertiques de la Syrie moyenne*, pp. 73, 76, etc.

tions de l'antiquité — à égale distance de l'une et de l'autre. Pour gagner la frontière de l'Égypte, il y avait à peine un jour de marche. Quant à la Chaldée, elle touchait presque la Syrie, grâce au grand coude décrit vers l'ouest par l'Euphrate dans son effort pour se rapprocher de la mer (1). A la hauteur de l'antique Cachérmis, au point où le chemin de fer de Bagdad s'apprête à le traverser, le fleuve n'est séparé de la Méditerranée que par une distance de 150 à 160 kilom. à vol d'oiseau. De là le courant même menait à travers la Mésopotamie au cœur de la Chaldée jusqu'aux quais de Babylone. Comment ne pas utiliser la voie de communication ouverte par le grand fleuve entre la Méditerranée et le Golfe Persique, dont il forme comme une prolongation? Et qu'on en a profité ; que l'Euphrate ne fut pas jadis, comme de nos jours, un fleuve mort, coulant solitaire entre des rives dont l'homme s'est retiré, nous en avons comme preuve la succession de villes antiques dont les ruines s'échelonnent le long de ses bords (2). Nous avons également le témoignage du vieux géographe latin Pomponius Mela, lequel attribue l'opulence des peuples du nord de la Syrie « à leur position dans un pays fertile, entrecoupé de plusieurs fleuves navigables, qui leur fournissent les moyens d'échanger facilement les diverses productions de la mer et des terres » (l. c., 12).

Par sa situation même la Syrie était donc prédestinée à être le centre des relations de l'ancien monde, ou plutôt elle devait servir de lien et d'agent de transmission entre le vieux monde, celui de l'Égypte et de la Chaldée, et celui que nous appelons le monde gréco-romain ou classique, l'ancêtre du monde moderne.

(1) Comme l'a fort bien vu Maspéro, c'est l'expression même qu'emploie déjà Pomponius Mela (III, 8) : « Occidentem petit, ni Taurus obstet, in nostra maria venturus ».

(2) Voir dans *Beiträge zur alten Geschichte*, I, le travail de K Regling *Zur histor. Geographie des mesopotamischen Parallelogramms.*

IV

Nous avons vu avec quelle décision hardie (1) les Syriens surent saisir le rôle de caravaniers, de rouliers des continents et des mers, comment, inaugurant sur des routes fixes comme un service de messageries, ils mirent les rives de la Méditerranée et les pays continentaux en rapports directs et provoquèrent le mélange de l'Occident avec l'antique Orient. Tout en ne pensant qu'à leurs intérêts particuliers, les peuples voyageurs avancent la cause du progrès, soit en servant d'intermédiaires entre les foyers civilisés, soit en mettant ces foyers en rapport avec les races moins avancées. Cela était nécessaire, dans l'antiquité surtout, où les peuples, vivant dans l'isolement, sans religion, sans civilisation communes, ne prenaient contact avec leurs voisins que sur les champs de bataille. Cette mission inconsciente était en même temps une source de profits. La Providence voulut l'ennoblir, en faisant des Syriens des initiateurs, des précurseurs, courtiers d'*idées* aussi bien que de marchandises. Il est difficile d'exagérer les services rendus à l'humanité par les Phéniciens, non seulement en explorant les rivages de l'Europe occidentale et en dirigeant des caravanes à travers les brèches naturelles qui font communiquer les vallées méditerranéennes avec les plaines de l'intérieur, mais bien plus encore en portant à tous les peuples un des plus merveilleux instruments de civilisation : l'alphabet phonétique.

Par la propagation de cette première et incomparable

(1) Cette décision dans les affaires est demeurée jusqu'à nos jours un des traits caractéristiques des Syriens, tous et toujours « gens d'affaires » comme les qualifierait saint Jérôme : « Permanet in Syris ingenitus negotiationis ardor, qui per totum mundum lucri cupiditate discurrunt et tantam mercandi habent vesaniam, ut, occupato nunc orbe Romano, inter gladios et miserorum neces quærant divitias et paupertatis periculis fugiant » (Œuvres de saint Jérôme, dans Migne, V, 255). Voir aussi Mommsen, *Rœmische Geschichte*, V, pp. 466 et 467.

invention philologique, d'une portée autrement considérable que la découverte de l'imprimerie, les applications de la vapeur et de l'électricité, les Phéniciens opérèrent dans les connaissances humaines une véritable révolution, permettant de reproduire les langages des peuples, sans même les comprendre ; révolution toute pacifique, destinée à rapprocher les races humaines.

Ab assuetis non fit passio, disait l'École. Cela veut dire sans doute que l'habitude nous rend insensibles aux merveilles qui nous entourent ; ce sont les choses qui crèvent les yeux qu'on aperçoit le plus difficilement. Mais « pour qui réfléchit, rien n'a été créé de plus merveilleux que le procédé qui consiste à figurer pour l'œil, au moyen de vingt à trente signes, rarement davantage, toutes les pensées de l'homme, avec l'infinie variété des sons qui les expriment pour l'oreille » (A. Delattre, S. J.). Ce procédé, étonnant dans sa simplicité, l'humanité en doit la connaissance ou, si l'on aime mieux, la vulgarisation aux Phéniciens. Dans leur système plus d'idéogrammes, ni de polyphonie, plus de syllabisme, plus rien du mécanisme pesant que les savants d'Egypte ou de Chaldée manœuvraient avec tant de virtuosité ; mais, au lieu des centaines et des milliers de signes auparavant indispensables, une vingtaine de caractères, rendant toutes les articulations de la langue : notation si ingénieuse et si souple que la plupart des peuples anciens et modernes ont pu l'approprier à leurs besoins.

Ici encore la géographie rend jusqu'à un certain point compte de l'invention de l'alphabet. « Le peuple appelé ainsi à donner à l'écriture humaine sa forme définitive devait être un peuple commerçant et pratique par essence, un peuple qui eût à tenir beaucoup de comptes courants et de livres en partie double ; un peuple qui par sa situation géographique, touchât à l'Égypte et eût été soumis à une profonde influence de la civilisation florissant sur

les bords du Nil (1). » Dans le monde ancien on ne connaît qu'une seule nation, remplissant à la fois les conditions que nous venons d'énumérer : les Phéniciens (2), devenus de par leur position sur la mappemonde les grands intermédiaires, les courtiers commerciaux de l'antiquité, un peuple de caravaniers, de marchands et de marins, en relations constantes de vassalité et d'affaires avec l'Égypte.

En même temps que l'alphabet, les Phéniciens portèrent, jusqu'aux dernières limites du monde connu, les produits des ateliers égyptiens et chaldéens, avec ceux de leur propre industrie. Ils y joignirent la connaissance d'instruments utiles, l'introduction d'animaux domestiques, de plantes cultivées. Par leurs apports de métaux, de bois, de gommes, de tissus, de poteries, d'objets manufacturés de toute espèce, que les archéologues ont retrouvés depuis en tant de contrées, ils préparèrent les tribus des forêts occidentales à la civilisation future. La Syrie a de la sorte pendant tout un millénaire fourni des modèles et transmis des procédés : ses exemples et ses pratiques ont agi sur l'intelligence de tous les peuples qui ont reçu la visite de ses marchands et les ont initiés à la vie industrielle (3).

« Phœnices, dit encore Pomponius Mela, solers hominum genus, et ad belli pacisque munia eximium : litteras et litterarum operas, aliasque etiam artes, maria navibus adire, classe confligere. — Les Phéniciens sont une nation industrieuse, aussi remarquable à la guerre qu'habile à

(1) Fr. Lenormant, *Histoire ancienne de l'Orient*, I, 448.

(2) Phœnices primi, famæ si creditur, ausi
Mansuram rudibus vocem signare figuris.
Nondum flumineas Memphis contexere biblas
Noverat ; et saxis tantum volucresque feræque
Sculptaque servabant magicas animalia linguas.
Lucain, *Pharsale*, III.

Diodore de Sicile (V, 74, 1) semble, il est vrai, insinuer le contraire. Entre ces deux opinions contradictoires, la géographie nous autorise, je crois, à décider en faveur des Phéniciens.

(3) Cfr. C. R. Acad. Inscript. 1895, p. 249; Archinard, *op. cit.*, pp. 75 et suiv.

profiter des avantages de la paix. Ils ont inventé les caractères alphabétiques, leur application à divers usages et plusieurs autres arts. Ils furent les premiers à parcourir les mers et à combattre sur des vaisseaux » (Liv. I, ch. 12).

Dans un livre récent, *Les Phéniciens et l'Odyssée*, M. Victor Bérard soutient que la géographie de l'Odyssée est fondée en grande partie sur les constatations faites par les navigateurs phéniciens au cours de leurs voyages dans la Méditerranée. C'est le développement de ce mot de Strabon parlant d'Homère que les Phéniciens avaient été ses maîtres, οἱ γὰρ Φοίνικες ἐδήλουν τοῦτο. L'ouvrage fortement documenté, bourré de remarques et de vues originales établit la haute antiquité de la *thalassocratie* phénicienne.

Quand Sennachérib voulut créer une marine dans le Golfe Persique, il s'adressa également aux Phéniciens. « J'établis, dit-il, à Ninive des hommes du pays de Hatti (1), capture de mon arc. Ils construisirent avec art de grands vaisseaux à la façon de leur pays. Je les fis monter par des matelots tyriens et sidoniens, capture de ma main. »

Cet empire des mers, ils le gardèrent même après la diffusion de l'hellénisme, suite des conquêtes d'Alexandre (2); les écrits grecs signalent rarement un vaisseau, dont le pilote ne soit pas syrien ou phénicien.

V

Non seulement les Syriens ont été les entremetteurs entre les grandes civilisations de la haute antiquité et celles qui devaient préparer la société moderne. Par un privilège d'un rang infiniment plus élevé, ils ont présidé à

(1) C'est-à-dire la Syrie, l'ancien empire des Hittites.

(2) Lequel imita littéralement Sennachérib. Cfr. Arrien, *Anabase d'Alexandre*, VII.

l'éducation morale et religieuse de l'univers. Ils furent « les intermédiaires entre Dieu et l'homme » (1).

C'est là le côté le plus original de leur rôle humain, celui où ils ne rencontrèrent ni précurseurs ni modèles. Les civilisations de la Chaldée et de l'Égypte avec lesquelles la Syrie fut en contact perpétuel et dont elle transmit au monde occidental les sciences, les arts et l'industrie, ne manquaient ni d'éclat ni de grandeur. Mais comme elles étaient dures et impitoyables ! la force brutale les dominait tout entière ; les idées de justice et de charité, de liberté et de responsabilité personnelles en face d'un Dieu unique, rémunérateur des actes humains, ces idées, fondements de toute société humaine, y tenaient si peu de place ! Si ces idées ont triomphé depuis, si, malgré des défaillances passagères, elles ont pénétré nos mœurs, pétri nos institutions, imprégné, pour ainsi dire, l'air que nous respirons, nous devons cette heureuse révolution aux législateurs, aux apôtres, aux prophètes sortis du sein de la Syro-Palestine. Nous la devons surtout à celui qui fut plus qu'un législateur, plus qu'un prophète, à l'Homme-Dieu.

Des Syro-Palestiniens nous tenons « ces intuitions fermes et sûres, qui dégagèrent la divinité de ses voiles et sans réflexion ni raisonnement atteignirent la forme religieuse la plus épurée ». C'est la gloire de la race syrienne « d'avoir atteint la notion de la divinité que tous les autres peuples devaient adopter à son exemple et sur la foi de sa prédication » (2). Ce fut là son rôle providentiel ! Cette mission accomplie, elle pouvait, sinon disparaître, du moins laisser les nations dont elle avait fait

(1) Georges A. Smith. *Hist. geogr.*, 5.

(2) Renan, *Histoire des langues sémitiques*, 3, 5. De notre citation nous élaguons seulement quelques expressions, se rapportant à l'absurde théorie de l'auteur sur le monothéisme primitif et inconscient des Sémites. Il est assez surprenant de la voir adoptée par un savant de la valeur de Fr. Hommel (*Die semitischen Völker und Sprachen*, 28, 29), sous l'influence toutefois de ses théories « suméro-accadiennes ».

l'éducation religieuse « marcher à la tête des destinées du genre humain » (1).

C'est donc avec raison que depuis près de 2000 ans, les yeux de l'humanité sont tournés vers la Syro-Palestine, berceau des grandes religions monothéistes (2), théâtre des faits de l'histoire biblique et des manifestations divines qui ont changé la face de la société humaine.

Terre sainte, elle l'est éminemment par les événements extraordinaires accomplis en son sein et par les souvenirs qu'elle rappelle. La plupart de ces événements, les quatre cinquièmes des scènes évangéliques se sont passés tout près de nous ; ils ont eu pour théâtre la Galilée. Or la Galilée, c'est l'hinterland de la Phénicie méridionale, dont elle forma pendant des siècles une dépendance politique (3) ; les bourgades d'où sortirent les apôtres, nous les retrouvons pour ainsi dire dans la banlieue d'Acre et de Tyr dont les établissements et les comptoirs s'échelonnent le long de la côte palestinienne. De même que l'Ancien Testament nous représente le prophète Élie (VI Rois, 17, 9) séjournant sur le territoire sidonien, nous voyons le Sauveur faire des excursions en Phénicie et entrer en communication avec les populations chananéennes. Nous ne pouvons oublier que le centre et le nord de la Syrie virent se former les premières communautés chrétiennes, que cette région servit pour ainsi dire de base à l'évangélisation du reste de la terre (4). *Courtiers d'idées* et quelles idées ! les Syriens le furent cette fois dans la plus haute acception du mot.

(1) Renan, *op. cit.*, 475.

(2) Sans en excepter l'islam, lequel a trouvé sur le sol syrien son plein développement et ses prétentions à l'universalité. Sans la conquête de la Syrie, il serait demeuré « la religion des Arabes, selon l'idée de Mahomet » (Renan).

(3) Ce fut également la situation du royaume d'Israël ou des dix tribus. On peut consulter sur ce sujet E. Archinard, *Israël et ses voisins asiatiques*, toute la première partie.

(4) Ritter (*Erdkunde*, XV, 9) fait fort bien ressortir l'excellence de cette base.

Nous devions dès maintenant revendiquer cette priorité pour la race syrienne, le peuple d'où sont sortis les apôtres et les premiers prédicateurs évangéliques. Les Grecs, les Romains sont seulement venus après, entraînés sur les pas des Syriens (1).

Le rôle prépondérant joué par les Syriens dans l'établissement et la propagation de la religion chrétienne se concilie d'ailleurs fort bien avec une remarque de Montalembert. « Il en a été, dit le grand orateur, de la religion comme de la gloire des armes et de la splendeur des lettres. D'après une loi mystérieuse, mais incontestable, c'est toujours d'Orient en Occident qu'ont marché le progrès, la lumière et la force. Ainsi que la lumière du jour, elles naissent en Orient, mais pour monter et briller de plus en plus à mesure qu'elles avancent vers l'Occident » (*Moines d'Occident*, I, 142).

Ne l'oublions pas : *Ex Oriente lux*, la lumière nous vient de l'Orient et, comme le veut un dicton arabe : « al-fadlou lilmotaqaddim », l'honneur revient aux précurseurs ! Aussi ne craindrons-nous pas de dire en modifiant une parole célèbre : Au point de vue religieux, tout homme a deux patries : la sienne, puis la Syrie (2). Si le sol de cette terre n'a pas porté le berceau de notre race, il a certainement porté celui de notre religion.

Voilà pourquoi l'Europe n'a jamais cessé de regarder vers les contrées d'où lui était venue une si grande part de sa vie intellectuelle et morale. C'est là qu'il faut chercher le sens de l'orientation des édifices chrétiens. Quand nos ancêtres priaient, ils voulaient avoir les yeux dirigés vers l'Orient, vers la Terre Sainte, vers le Calvaire et le Tombeau du Sauveur. Ils ne regardaient jamais sans véné-

(1) Voir dans A. Harnack, *Mission und Ausbreitung des Christentums*, 409-410, la liste des localités ayant sûrement possédé une communauté chrétienne dès le Ier siècle.

(2) Le grand Ritter (*Erdkunde*, XV, 11) l'appelle « la patrie spirituelle de toutes les nations ».

ration du côté de l'aurore sacrée. Par une sorte de reconnaissance instinctive, bon nombre demandaient à être ensevelis la tête tournée vers le Levant. C'est dire la place occupée par la Syrie dans les préoccupations des races civilisées et aussi sa gloire la plus pure, le point par où son rôle d'intermédiaire et d'agent de transmission s'est considérablement ennobli. Mais si à toutes les époques les yeux des chrétiens se sont tournés avec attendrissement vers la Palestine et la Syrie, comme vers les pays des origines religieuses, vers les foyers de la vraie lumière, si les souvenirs du passé leur impriment un caractère sacré et leur maintiennent dans le sanctuaire de l'âme une vie idéale, même après que la vie réelle les a quittés, non contents de cette religion du cœur, de cette poésie des souvenirs, les chrétiens ont de tout temps voulu visiter en personne le berceau de leur foi, vénérer les lieux sanctifiés par la présence et la mort du Sauveur. Et cela en dépit des fatigues et des graves dangers qu'il fallait encore affronter. En Flandre l'expression « aller à Jaffa » c'est-à-dire en Palestine, fut longtemps synonyme d'aller à la mort. C'était également l'avis d'un pèlerin du xve siècle, Eberhard le Barbu, comte de Wurtemberg. « Il y a trois choses, disait-il, qu'on ne peut ni conseiller ni déconseiller : le mariage, la guerre et le voyage de Terre Sainte. Elles peuvent bien commencer et mal finir » (1). Et pourtant depuis Constantin le Grand les flots de pèlerins n'ont cessé d'aborder en Syrie ; et dès lors la description de la Terre Sainte, de ses sites sacrés, l'histoire de sa délivrance et de sa perte ont alimenté la littérature la plus variée et la plus populaire qu'il soit possible d'imaginer.

(1) Fabri, *Evagatorium*, I, 26.

VI

Avant de terminer ce coup d'œil général, sorte d'introduction à l'étude de la géographie de Syrie, une dernière observation s'impose.

Ce pays — nous l'avons déjà dit — a le privilège de posséder des frontières nettement déterminées, en d'autres termes, des frontières naturelles. Avantage précieux ! dans le passé il a supprimé une foule de contestations et il facilitera singulièrement la tâche des diplomates de l'avenir.

Impossible de confondre la Syrie avec les contrées limitrophes, avec l'Asie Mineure par exemple dont la sépare la muraille du Taurus, véritables Pyrénées anatoliennes, mais autrement imposantes que les Pyrénées ibériques. Une rivière d'une largeur moyenne d'un kilomètre (1), l'Euphrate, la divise de la Mésopotamie. Du côté de l'Arabie et de l'Égypte c'est une mer de sable, le désert, barrière encore plus infranchissable que l'océan, lequel réunit bien plus qu'il ne sépare. La Syrie forme donc un tout géographique nettement déterminé, un territoire parfaitement délimité, autant et plus que l'Angleterre par exemple, le plus isolé et en même temps le plus ouvert des pays de l'Europe.

Dans ce bienheureux isolement, la Syrie semblait prédestinée à couler des jours heureux et à partager le sort des peuples sans histoire. Elle s'y serait peut-être endormie, à tout le moins engourdie, comme la Chine derrière

(1) La profondeur n'est malheureusement pas en proportion Nombreux sont les gués, qui jadis livrèrent passage aux « brigands de Chaldée » comme parle l'Écriture. Dans l'antiquité les deux rives du fleuve paraissent avoir fait cause commune et avoir partagé la même vie politique. Comparez l'État de Bît' Adini, la principauté d'Edesse au temps des croisades et aussi le monta sarrifat ottoman d'Orfa — Edesse lequel relève d'Alep et possède des districts étendus dans la Syrie cis-euphratèse. Cfr. Schrader-Winckler, *op. cit*, 27.

la Grande Muraille. Pour les peuples, comme pour les eaux de la mer, l'agitation est une loi nécessaire et féconde et il faut surtout redouter la continuité des calmes plats. Ce danger, nous le savons déjà, fut épargné à la Syrie. Peu de pays ont été plus souvent envahis, dévastés par le fléau de la guerre, dépecés, remaniés par l'épée des conquérants.

Malgré ses limites si précises, barrières autant que limites, la Syrie, comme un vulgaire mur mitoyen ne tarda pas à devenir un sujet de contestation, une vraie pomme de discorde pour ses puissants voisins ou, comme s'exprime Isaïe, le vieux voyant d'Israël, « pour la mouche habitant à l'extrémité des fleuves d'Égypte et l'abeille du pays d'Assur » (VII, 18). Parmi ces voisins, incommodes et remuants, le prophète eût pu ranger les Arabes du désert. Pour les Nomades, ce pays était le jardin paradisiaque, qu'ils avaient entrevu dans leurs visites à la merveilleuse oasis où Damas repose à l'ombre de ses vergers, sur les bords de ses rivières. Aux yeux de ces hommes, tourmentés d'une soif éternelle dans leurs solitudes, brûlées par le soleil, la Syrie apparaissait comme la terre grasse et fertile, arrosée de grands fleuves et de sources, ne tarissant jamais (1). Aussi dès la plus haute antiquité, on peut constater une poussée incessante des tribus arabes sur les frontières syriennes, poussée dont la grande conquête au VIIe siècle de notre ère forme un épisode. Celle-ci, on le voit, a été longuement préparée.

Pour les grands États de l'antiquité, auxquels la Syrie servait de tampon, posséder la Syro-Palestine, c'était être maître du principal débouché du commerce des Indes sur la Méditerranée, c'était tenir en main la clef de l'Afrique et de l'Asie antérieure. Ainsi en jugeait, il y a déjà près de 5000 ans, le monarque assyrien, Sargon, tout comme au siècle dernier, Méhémet-Ali d'Égypte.

(1) Quand les Qoraichites incrédules demandent des miracles à Mahomet, c'est pour lui dire : « Donne-nous des fleuves comme en Syrie ».

L'histoire est condamnée à des redites perpétuelles, l'histoire, écho inconscient, résultante fatale des aspirations et des passions de l'humanité dans leur combinaison avec les éternelles lois de la nature, lois dont l'étude de la géographie nous permet de constater l'existence.

VII

Mais pourquoi la Syrie formant un *tout géographique* d'une si remarquable unité, n'a-t-elle jamais constitué un *tout politique ?* La géographie va encore nous donner la raison de cette apparente contradiction et se montrer la meilleure auxiliaire de l'histoire.

Nous avons plus haut comparé la Syrie à un vaste quadrilatère ou rectangle. L'expression, juste d'ailleurs, peut prêter à la confusion : le rectangle étant huit fois plus long que large, ou, comme s'exprime saint Isidore de Séville : « Situs ejus porrectus in immensam longitudinem, in lato angustior » (1). En d'autres termes, depuis le Taurus jusqu'au Sinaï, la Syrie compte une longueur de 1100 kilomètres sur une largeur moyenne de 150 kilomètres.

De pareilles dimensions, un tel manque de proportions sont trop souvent fatals à l'équilibre, à l'unité des États en diminuant leur force de cohésion. Les extrémités du corps politique, placées trop loin du centre administratif, n'en recevant pas l'impulsion immédiate, éprouvent une tendance naturelle à s'en détacher. Le particularisme relève la tête, l'esprit provincial reprend le dessus ; et alors adieu la fusion ! Cela se constate même de nos jours, malgré la centralisation, l'instruction, le service militaire obligatoires et le cosmopolitisme, ces caractéristiques de notre époque. C'est une des raisons du malaise dont souffre l'Italie. Quelle différence entre le Sicilien et le

(1) Cfr. Migne, P. L., LXXXII, col. 498.

Piémontais ! Officiellement ils appartiennent au même groupement politique ; le difficile c'est de le faire accepter, de le persuader et avant tout aux intéressés. On n'y a pas encore pleinement réussi, que nous sachions du moins.

A ce premier vice dans la constitution géographique du pays, s'en joint un autre, non moins préjudiciable à l'unité politique. Si la forme de la Syrie est démesurément allongée, le relief et l'agencement des terres dont elle se compose ne favorisent pas davantage la fusion des races.

Le rôle de l'orographie y est prédominant, moins exclusif pourtant qu'en Suisse et en Asie Mineure, mais avec des conséquences politico-historiques, presque aussi graves. Nous ne lui connaissons d'analogue géographique dans aucune autre région. Les grands États ont toujours eu leur centre dans la plaine. Or la plaine se trouve reléguée en Syrie à l'extrémité nord-est du pays, région désertique et trop isolée pour favoriser le développement d'une capitale d'empire. Ce n'est pas tout.

Qu'on se figure un pays, allongé comme l'Italie, traversé dans le sens de la longueur par une chaîne d'une altitude moyenne de 2000 mètres, sans solution appréciable de continuité ; calculez l'influence de cette gigantesque muraille de séparation sur la vie d'un peuple, sur sa mentalité, sur les groupements des races et vous aurez une idée de la géographie historique de la Syrie.

Cette contrée est coupée en deux par une interminable chaîne de montagnes, sorte d'épine dorsale à relief formidable, allant du nord au sud, orientation moins favorable au mélange ethnographique que la direction de l'ouest à l'est : dans cette dernière les populations se déplacent plus facilement en suivant les degrés de latitude, sans avoir à s'adapter à des climats trop différents, comme lorsque le déplacement a lieu le long du méridien. Ajoutez que le long massif, venant à se dédoubler dans la Syrie centrale, donne naissance à une nouvelle chaîne parallèle et à peine moins élevée que la première : l'Antiliban dont

les ramifications couvrent la Damascène, la Palmyrène, le Hauran et la Transjordanie. Entre ces deux murs gigantesques, le Liban et l'Antiliban, s'ouvre la plus étrange vallée qu'il soit possible d'imaginer, une dépression atteignant vers son extrémité méridionale, c'est-à-dire à la Mer Morte, une profondeur de 400 mètres au-dessous du niveau de la Méditerranée.

Si, en mère prévoyante, la bonne nature a eu raison de hérisser de barrières les contours de la Syrie, elles les a peut-être trop multipliées au cœur du pays. Ainsi quand on s'avance de la côte vers l'intérieur en suivant la latitude, on ne compte pas moins de cinq régions géographiques (1) où tout diffère : relief du sol, thermométrie, climat, flore (2). Et entre ces régions peu ou point de communications : car la grande chaîne traversant la Syrie dans le sens de la longueur n'offre d'interruption appréciable qu'à la hauteur de Tripoli, où un simple coteau relie les monts des Nosairis aux premiers contreforts du Liban. Même différence quand on coupe la Syrie suivant le méridien ou du nord au sud ; on constate que « la nature s'est plu à diviser la Syrie en cinq ou six compartiments de taille diverse, isolés par des rivières ou par des montagnes, mais dont chacun est merveilleusement disposé pour servir de siège à plusieurs États indépendants » (Maspéro). Au nord le vaste plateau mamelonné compris entre le cours inférieur de l'Oronte et l'Euphrate (3) ; au milieu entre les Libans, la Célésyrie avec ses deux ailes inégales : la Damascène d'une part, la Phénicie de l'autre ; au midi l'ensemble des contrées disparates, s'étageant à gauche et à droite de la vallée du Jourdain.

(1) Voir Maspéro, *op. cit.*, II. 14.

(2) Voir dans ÉTUDES (20 sept. 1898, p. 767), H. Lammens : *Le Climat syro-palestinien, autrefois et aujourd'hui.*

(3) Successivement le Naharina, la Commagène, la Cyrrhestique des anciens, actuellement le vilayet d'Alep.

Toutes ces différences physiques ont à la longue créé des évolutions historiques distinctes. Les habitants de ces diverses régions géographiques ont longtemps vécu, inconnus les uns aux autres : les montagnards, réfugiés sur les plateaux, cantonnés dans leurs massifs comme en des forteresses naturelles ; ceux du versant oriental sans relations avec les compatriotes fixés sur le flanc maritime ; tout comme les habitants de la côte, armateurs et marins, vivaient de la mer sans s'inquiéter de ce qui se passait dans les plaines de l'intérieur. En Phénicie même, un cap, une langue de terre limitaient l'horizon national et favorisaient la tendance atavique à restreindre l'idée de patrie (1). Voilà pourquoi, dès la plus haute antiquité nous trouvons les Syriens divisés « en cent communautés rivales, dont la moindre prétend demeurer autonome et entretient une guerre perpétuelle sur ses frontières pour conquérir ou pour conserver la souveraineté glorieuse de quelques arpents de blé dans la plaine ou de quelques ravins boisés dans la montagne. C'est pendant des années une mêlée sanglante où de petites armées se livrent de petits combats pour la défense de petits intérêts, mais si rudement et d'un acharnement si furieux que le pays en souffre autant et plus que d'une invasion » (Maspéro, *op. cit.*, II, 14).

Aussi la Syrie fut-elle par excellence une terre à cantons, à tribus séparées, le pays des clans, des petits États, des monarchies minuscules à la façon de la république de Saint-Marin et de la principauté de Monaco, la terre classique des tétrarques, des ethnarques, des phylarques, pour la plus grande consolation des numismates et des épigraphistes et le désespoir des historiens, ne sachant comment s'orienter à travers ce dédale politique.

(1) Nulle part cette tendance à la désagrégation n'est plus sensible. Arvad, Gebal, Sidon, Tyr — que tout appelait à s'unir — forment constamment des États autonomes et poursuivent séparément une politique toujours antiunioniste, souvent ouvertement hostile.

Si cet enchevêtrement des peuples (1), ce morcellement territorial satisfaisaient la vanité des ambitions locales en multipliant les titres souverains, en revanche ils favorisaient l'émiettement ethnographique et l'anarchie administrative. Cette situation est, nous l'avons dit, aussi vieille que la Syrie. Sans remonter au déluge, nous la retrouvons décrite dans une des plus anciennes collections de documents, les fameuses lettres assyriennes de Tall al-'Amârna (1500 av. J.-C.).

A cette époque reculée on voit la Syrie morcelée en petits États, la montagne en recélait presque autant que la plaine où « l'on en comptait un par chaque ville, campée délibérément dans un site facile à se défendre. Le sol en était comme hérissé et ils se serraient si dru les uns contre les autres qu'un voyageur chevauchant sans se presser en traversait plusieurs à son aise dans la journée » (Maspéro, *op. cit.*, II, 127). C'est un fractionnement indéfini et comme une poussière de petits districts, de tribus hostiles, se pillant, se massacrant à qui mieux mieux, sous l'œil paternel de leur suzerain, le Pharaon égyptien. Ce dernier, content de leurs protestations de dévouement et du paiement des tributs, se garde bien d'intervenir pour mettre fin à l'anarchie, où il trouvait peut-être son compte (2). Quelques siècles plus tard, Ben Hadad de Damas entraîne à sa suite contre Israël les contingents de trente-deux roitelets de la Syrie centrale (Cfr. III Rois, XX, 1).

Sous les Séleucides on croit pouvoir constater un peu plus d'ordre extérieur, une sorte d'unité toute de sur-

(1) « Les peuples s'y sont fractionnés et brouillés de cette sorte que, même dans les régions où l'un d'eux est concentré en masse, on retrouve presque à chaque pas des morceaux et comme une poussière de tous les autres : quatre ou cinq bourgades, prises au hasard au milieu d'un canton, appartiennent souvent à autant de nations différentes et vivent aussi résolument étrangères, à vingt minutes de distance, que si elles étaient séparées par la largeur d'un continent » (Maspéro).

(2) Cfr. Schrader-Winckler, *Keilinschriften*, 126.

face. Ils inventent et imposent les appellations générales : Syrie, Phénicie, inconnues à l'antiquité. Toute cette terminologie, si commode en géographie, ne répondait malheureusement à aucune réalité politique ou ethnique (1). Elle a contribué à nous faire considérer alors la Syrie comme constituant un grand État, ayant adopté les mœurs helléniques. C'est une illusion ! Alors, comme plus tard sous les Fatimites et les Mamloucks, la Syro-Palestine ne forma qu'une juxtaposition, une mosaïque de petits États, une sorte de confédération, dont les rois feudataires, les princes pontifes (2), les villes autonomes ou semi-indépendantes (3), rappellent, trait pour trait, le Saint-Empire romain-germanique.

Le tort des successeurs de Séleucus fut de ne pas le comprendre. Entre la Méditerranée et le Golfe Persique ils rêvèrent l'établissement d'une grande monarchie, à la façon des empires asiatiques, détruits par Alexandre le Grand ; ils s'obstinèrent à rester grecs au milieu d'un peuple demeuré syrien, en dépit des noms exotiques dont il s'affublait et des épitaphes helléniques qu'il se faisait fabriquer par le pédagogue local (4). Héritiers d'un lambeau de l'héritage d'Alexandre sans avoir son prestige ni sa valeur militaire, ces princes tentèrent d'helléniser leurs États Ils fournirent seulement aux éléments anarchiques l'occasion de s'affirmer, de se compter (5). Le résultat fut l'établissement du royaume juif des Asmonéens, l'autonomie des villes phéniciennes, préoccupées de

(1) « Les Chananéens du littoral ne se considèrent pas comme une nation distincte » (Archinard). On connaît l'animosité de Tyr et de Sidon. Arvad et Gebal se sont encore plus isolés du groupement ethnique, auquel on a voulu les rattacher.

(2) Rappelons les dynastes, grands-prêtres de Hiérapolis et d'Émèse.

(3) Il régna alors en Syrie une véritable épidémie — le mot est de Von Lindau — d' « autonomies » et d' « ères particulières ». Cette épidémie cessa seulement sous les Romains qui ne paraissent pas pourtant avoir pris la peine de la combattre.

(4) Comme s'exprime Nöldeke, dans ZDMG, 1885, p. 333.

(5) Quatremère, *Mémoire sur les Nabatéens*, 75 et 76.

leur négoce plus que des autocrates d'Antioche, la formation de l'état nabatéen dans l'Auranitide et la Pérée (1) et de la dynastie arabe des Samsigeramus dans l'Émésène (2) bientôt assez puissants pour imposer leur protection à leur suzerain nominal, jusque dans sa splendide résidence des bords de l'Oronte (3).

Seul le génie organisateur de Rome sut mettre de l'ordre dans ce chaos politique. Son énergique intervention réduisit promptement les éléments de discorde s'agitant en Syrie. Dans une simple promenade militaire Pompée rasa les repaires guerriers des Ituréens à l'intérieur du Liban et de l'Antiliban. Samsigeramus et les autres chevaliers-brigands, qui terrorisaient la Célésyrie et la vallée de l'Oronte, préférèrent se soumettre. Du côté du désert une ligne de fortesses (4) tint en respect les nomades ; des routes, militaires et commerciales à la fois (5), sillonnèrent le pays, escaladant les montagnes, coupant les steppes, portant partout les bienfaits de l'ordre et de la paix. Elles ont autant et plus que le reste contribué à l'unification du pays, en supprimant les distances, en favorisant le mélange des races. La Damascène cessa d'être un jardin fermé, la Phénicie un étroit couloir, un long préau où un peuple de marchands ne devinait l'existence des autres provinces syriennes que par

(1) « La décomposition de l'État séleucide permit aux Nabatéens d'étendre leur domaine territorial » (Dussaud, *Mission dans les régions désertiques de la Syrie moyenne*, 66).

(2) Cfr. Lammens, *Notes épigraphiques et topographiques sur l'Émésène*, 59.

(3) Que reste-t-il en Syrie de la période séleucide ? Des monnaies et une poignée d'inscriptions. C'est aux Romains, non aux successeurs de Séleucus, que la Syrie doit l'avantage de posséder une histoire monumentale (Cfr. de Vogüé, *Syrie centrale. Architect. civile et religieuse*, p. 12). Ils employèrent l'hellénisme comme instrument de règne ; s'il y a fait quelques progrès, c'est encore à eux qu'il faut l'attribuer.

(4) Sorte de *Limites*, de *Grenzwall* ou bien de *ceinture*, comme préfère M. R. Dussaud (Comptes-rendus Acad. Inscr., 1902, p. 251. *Mission dans le désert de Syrie*).

(5) Cfr. *Der alte Orient*, II, 6, 7.

l'arrivée de ses caravanes ; juchée sur son plateau isolé, la Pérée elle-même, par delà le Jourdain, prit part au mouvement général. De cette époque date le triomphe de la culture grecque en Syrie.

Ce fut le seul moment de son histoire où la Syrie connut l'unité (1). Elle respira à l'abri de la paix romaine, *pax romana*, paix armée dont les légions, campées dans le pays, étaient la garantie et la représentation vivantes : époque d'incroyable prospérité matérielle, de renaissance artistique, l'époque des monuments de Bâlbek et de Palmyre. Elle dura plus de cinq cents ans. Les Romains partis ou plutôt leur héritage une fois tombé entre les mains des débiles Césars de Byzance, l'esprit provincial reparut avec une nouvelle intensité.

L'exemple de Rome avait montré comment on triomphe des obstacles et des barrières géographiques. Celles-ci se relevèrent plus redoutables que jamais durant les deux derniers siècles de désorganisation politique et morale qui préparèrent le Levant à passer sous le joug de l'islam. Dans l'intervalle, la Syrie s'était laissée gagner aux subtilités doctrinales de Byzance ; elle s'y cantonnera désormais. La religion, faite pour unir, devint un nouvel élément de discorde. On prétendit nationaliser la doctrine, essentiellement universelle, du Christ. Ce fut le triomphe du phylétisme. Par sa gloire, par la paix, la prospérité qu'elle garantissait, Rome avait imposé l'union, étouffé les tendances séparatistes. Les races syriennes ne connurent Byzance que par l'oppression fiscale la plus serrée, par l'absurde prétention de réglementer le mouvement des esprits et les aspirations des consciences ; elles se sentirent exploitées au profit d'un peuple privilégié et d'une capitale. Les hérésies furent la protestation suprême de leur

(1) En établissant leur province de Syrie, les Romains fixèrent définitivement l'extension géographique de ce mot, conformément à ses frontières naturelles.

patriotisme, un moyen pour elles de se distinguer chacune de leurs rivales et du conquérant. Nous savons le reste.

Et voilà pourquoi, physiquement et moralement divisée, morcelée, la Syrie fut toujours une proie offerte à la rapacité de ses puissants voisins, pourquoi elle ne forma jamais une unité assez compacte, capable de se défendre. Par suite, les formidables barrières dont la nature avait hérissé les frontières ne servirent de rien par la faute des défenseurs, chargés de les faire respecter. Presque toutes les invasions de la Syrie furent couronnées de succès. La conquête du pays n'était sans doute pas définitive ; les résistances locales éclataient un peu partout et l'on ressaisissait quelques lambeaux de cette autonomie qu'on s'était laissé trop facilement ravir. Mais le morcellement territorial, les tendances séparatistes, profondément ancrées dans les intelligences, entrées pour ainsi dire dans les mœurs, empêchèrent toujours de se grouper dans une défense commune contre l'ennemi du dehors.

Dans le cours de sa longue histoire, la Syrie ne fit que changer de maîtres. Des Égyptiens elle passa aux Assyriens, de ceux-ci aux Perses, puis aux Grecs, aux Romains, enfin aux Arabes et aux Ottomans. Voilà pourquoi ce pays vécut rarement d'une vie vraiment personnelle (1) et seulement dans l'intervalle entre deux conquêtes ; son histoire s'absorbe presque entière dans celle de plusieurs autres peuples.

Assez forte pour influencer ses voisins et leur faire par-

(1) Sur la facilité des Phéniciens à payer tribut à leurs conquérants de toute race, voir Von Lindau, *Die Phönizier*, 15. Condamnés par leur position géographique à poursuivre une politique exclusivement commerciale, entre deux maux ils devaient choisir le moindre : ou le sacrifice de leur prospérité économique, ou celui d'une partie de leurs richesses sous peine d'en voir tarir la source. La dépendance d'un grand empire est souvent « une bonne fortune pour les cités marchandes. La multiplicité des souverains nuit à la rapidité des communications ; elle constitue, à l'heure qu'il est, l'un des plus grands obstacles à l'extension du commerce dans l'Afrique centrale. Le voyage de Sidon à Damas ou à Sela était plus court, maintenant qu'il se faisait sur les terres d'un seul souverain » (Archinard, *op. cit.*, 44 et 45).

tager ses idées et ses aspirations, trop peu unie, partant trop faible pour les dominer, la Syrie ne fut jamais conquérante. Elle exerça seulement l'influence de la pensée et son empire fut un empire pacifique (1). On connaît pourtant une exception à cette règle peut-être trop générale : celle des califes omiades de Damas. A cette époque la Syrie devint le centre d'un empire s'étendant des bords de l'Ebre aux rives de l'Indus. Il resterait à déterminer dans ces conquêtes la part de l'élément syrien proprement dit. Mais cela nous entraînerait trop loin et sur un terrain réservé, celui de l'histoire.

En revanche, ces mêmes causes — nous voulons parler du séparatisme politique et religieux — ont favorisé sur la surface de ce territoire à profil si tourmenté, l'éclosion de nationalités distinctes et extrêmement originales, champ d'études et d'observations pour l'ethnographe, le folkloriste et l'historien des religions comparées. La puissante ossature des montagnes a rendu possible la conservation, la juxtaposition, sans fusion, de races comme les Nosairis, les Isma'ilis, les Yezidis, les Druses et les Métoualis, toutes amies du secret, pratiquant des religions mystérieuses où les éléments des vieux cultes syriens se heurtent à des pratiques et à des données doctrinales de date plus récente. Une au moins, et non la moins intéressante de ces nationalités, les Isma'ilis — les descendants des terribles *Assassins* du moyen âge — est menacée d'une extinction prochaine. Ce sort menace également une très curieuse secte palestinienne, celle des Samaritains (2). A l'heure actuelle elle ne compte plus même 200 membres.

(1) « Un empire *spirituel* » (G. A. Smith).

(2) Il faut y ajouter les Yezidis, adorateurs du diable, fixés dans le 'Gabal Sim'ân et ne dépassant plus à l'heure actuelle le chiffre de 3000 individus. Au commencement du siècle dernier ils devaient être au moins cinq fois plus nombreux, ainsi qu'une enquête sur place nous en a convaincu. La misère, le service militaire et aussi les conversions plus ou moins forcées les décident lentement.

VIII

On le voit, ce n'est pas une terre banale que nous nous proposons d'étudier. Cette étude intéresse l'exégète, le théologien (1), l'ethnographe, l'historien soucieux de remonter aux origines de l'humanité. Ces origines, si nous n'avons pas la certitude de les retrouver sur ce vieux sol de Syrie, nous sommes au moins assurés de nous en rapprocher.

Mais ce n'est pas seulement cette espérance qui doit nous soutenir. Le présent ne manque pas non plus d'intérêt. Quand la terre de Syrie ne présenterait pas une signification historique de premier ordre, elle mériterait encore d'être étudiée pour elle-même, pour son présent non moins que pour son passé.

Nous ne sommes plus, il est vrai, au temps des Phéniciens, pas même au moyen âge. Depuis la découverte du Cap de Bonne-Espérance et l'ouverture du canal de Suez l'axe économique du monde s'est déplacé ; aucune grande voie commerciale, aucune route intercontinentale ne traversent plus la Syrie. C'est un malheur. Est-il irréparable ? Nous ne le pensons pas.

Le temps, a-t-on dit, ne respecte pas ce qui se fait sans lui. De même toute entreprise, dont le principe contredit une loi géographique, est tôt ou tard frappée de déchéance. La finance et la politique peuvent venir à la rescousse, mais le dernier mot reste à la géographie.

Un projet, dont il a été beaucoup question, le chemin de fer de Bagdad, va le prouver. Pourquoi cette vaste

(1) Comme l'observe le Prof. Fr. Hommel : « parler à tort et à travers du christianisme sans posséder une exacte connaissance du terrain où il a d'abord pris naissance, du peuple du milieu duquel il est sorti, de la famille ethnographique dont les conceptions intellectuelles formèrent l'atmosphère qu'il respira dès l'origine, tout cela est pour le moins superficiel ». *(Die Semitischen Völker und Sprachen).* Voir aussi Georges A. Smith, *The historical Geography of the holy Land*, IX, 107, etc.

entreprise est-elle assurée du succès ? Pourquoi tôt ou tard arrivera-t-elle à lutter contre les puissants intérêts matériels engagés dans le canal de Suez ?

Parce que le chemin de fer de Bagdad est, si je puis ainsi m'exprimer, une ligne géographique. Ses promoteurs ont exploité cette tendance naturelle de l'homme à abréger les distances. Or ce projet économisera près de huit jours sur la route de Suez. Voilà un concept clair, une considération à laquelle tout le monde finira par se rallier, le commerce, surtout où l'intérêt domine à l'exclusion du sentiment, décide et prime tout. Et pourtant l'entreprise de Bagdad présente un défaut, et ses patrons n'ont pas eu jusqu'au bout le courage de leurs convictions. Il ne semble pas difficile de le démontrer.

Puisque la route directe du trafic indien passe, non par la mer Rouge, mais par le Golfe Persique, du sommet de ce golfe, à la hauteur de Bassora, tirez une ligne droite. Cette ligne aboutira nécessairement à un point de la côte syrienne. C'est donc de cette côte que le futur chemin de fer aurait dû partir. Malheureusement, ici encore, on s'est laissé distraire par des considérations où la géographie n'a rien à voir. Nous n'avons pas à les signaler, l'ayant fait dans un autre travail (1). Mais comme toute erreur s'expie, celle-ci vaudra au capital une dépense supplémentaire de 200 à 300 millions et au commerce une perte de 48 heures.

On finira par le comprendre et par se mettre d'accord avec la géographie et la ligne droite, considérations vieilles comme la nature et auxquelles les intérêts d'un jour, ceux de la Bourse et de la politique, céderont fatalement.

Comme l'observait il y a vingt ans Élisée Reclus, « la grande route de l'Europe aux Indes tend de plus en plus

(1) ÉTUDES (5 et 20 juin 1902), *Le chemin de fer de Bagdad ou la nouvelle route des Indes.*

à repasser par la vallée de l'Euphrate. L'Asie occidentale revendique de nouveau les avantages que lui donne la possession du centre géographique de l'ancien monde ». Le milieu precis de la figure irrégulière formée par les trois continents d'Europe, d'Asie et d'Afrique n'est point éloigné des plaines où s'élevèrent Palmyre et Antioche. Quant au canal de Suez, il a eu du moins comme résultat de rapprocher de la Syrie le centre de gravité du commerce maritime ; par le croisement des chemins de fer futurs, ce pays sera tôt ou tard le marché central des continents de l'ancien monde.

Ce sera le signal d'une ère nouvelle pour la Syrie, et peut-être la renaissance de son ancienne prospérité économique. Les antiques métropoles phéniciennes, Tyr et Sidon, bénéficieront-elles de ce mouvement ? Il est permis d'en douter. Mais d'autres échelles syriennes : Haifa, Beyrouth, Tripoli, Alexandrette rivalisent pour attirer à elles leur héritage : Beyrouth, avec l'avance que lui donnent ses installations considérables et un demi-siècle de progrès ininterrompu ; Tripoli surtout, si bien placée en face de la première route commerciale de la Syrie. C'est cette ville que la géographie désigne comme le grand *emporium* syrien des temps futurs.

Mais quoi qu'il faille augurer des destinées commerciales de la Syrie, cette contrée demeure « le point de rencontre où viennent s'entrecroiser les questions politiques, religieuses, économiques dont la solution est vitale pour les nations de Ponant » (Revue des Deux Mondes, I, 149, p. 5).

Plus que jamais « la civilisation et la chrétienté ramènent leurs regards vers les belles contrées qui leur ont servi de berceau et semblent impatientes d'en reprendre possession, comme l'homme aspire à revenir aux lieux où s'est écoulée son enfance et où s'est épanouie sa jeunesse » (1).

(1) A. Vandal, *Une ambassade française en Orient sous Louis XV*, 511. — « L'attraction qu'exerce l'Orient sur nos imaginations s'explique facilement. De même qu'un homme arrivé au déclin de sa carrière ou au soir de

Dans l'attrait exercé par le mystérieux Orient il faut compter non seulement la séduction de l'art, la poésie des souvenirs, mais la réalité pratique d'intérêts matériels très nettement aperçus.

Si notre époque positive cède principalement à l'attraction de ces derniers mobiles, elle n'a pas pour cela renoncé au culte du passé, à la religion des souvenirs. La vie de la Syrie, c'est cet ensemble de souvenirs, cet incomparable passé plus que son histoire contemporaine. Selon la loi mystérieuse, énoncée par Montalembert, le foyer de la lumière a cheminé dans la direction du couchant, laissant dans la pénombre les contrées de l'Orient, jadis si brillantes. Mais pas plus que les ténèbres physiques, la nuit morale n'est éternelle. Quand un pays a eu la vitalité de la Syrie au point d'avoir vu éclater sur son sol les plus anciennes manifestations historiques de l'activité humaine, quand les plus grands peuples comme les plus grands hommes y ont laissé la trace de leur passage, il semble permis de croire qu'ils ont dû y laisser en même temps quelque chose de leur vie. Et quand tout cet ensemble glorieux de souvenirs et de faits ne serait qu'un beau rêve, ce qui ne l'est certainement pas, c'est la merveilleuse situation de la Syrie : nous croyons l'avoir démontré.

Les nations peuvent arriver à renier leur passé, à oublier ou à fausser le sens de leur histoire. Cela se voit, hélas ! Mais il leur est impossible de résister à l'attraction de certains sites, indiqués par la nature, véritables régions centrales et comme œcuméniques. La Syrie est un de ces centres privilégiés. Ce fait géographique suffit. Comme il lui a valu dans le passé une place à part, il peut encore lui assurer un avenir glorieux.

HENRI LAMMENS, S. J.

la vie aime à se reporter par la mémoire aux jours de son enfance et éprouve tant de joie à revoir la maison paternelle, ainsi nos vieilles races, par nécessité héréditaire, dès qu'elles peuvent échapper à leur dur labeur, au résultat si incertain, retournent en imagination vers leur première et légendaire patrie » (Gervais-Courtellemont, *Mon voyage à la Mecque*, 2).

LES

VISÉES DE LA SISMOLOGIE MODERNE (1)

Les tremblements de terre constituent un des phénomènes de la physique du globe les plus redoutables pour l'homme et les constructions. Chaque année, c'est par milliers de victimes et par millions que l'on peut chiffrer leur bilan. Aussi n'est-il pas surprenant que, depuis que les hommes raisonnent sur ce qui les entoure et les frappe, ils s'en soient préoccupés. Peu d'écrits généraux, histoire, voyages, littérature même, qui n'en renferment quelques récits ou dans lesquels on ne rencontre des réflexions à leur sujet. Dix-huit siècles avant notre ère, les annales chinoises en donnent des recueils, et les catalogues japonais commencent au IIIe siècle, pour ne citer que des documents n'appartenant pas à nos classiques.

Malheureusement pendant des siècles et des siècles le mystère ne s'est point éclairci, et d'un énorme fatras de conceptions fantaisistes n'est pour ainsi dire sorti qu'une sorte de fatalisme inconscient, en face de catastrophes aussi énigmatiques qu'inévitables et devant lesquelles il n'y aurait qu'à courber la tête sous le fléau de Dieu. La science moderne a d'autres visées : elle veut savoir pourquoi et comment la terre tremble, elle veut mettre les édifices à l'abri des chocs — à quoi n'aspire-t-elle pas ? — elle veut prévoir les tremblements de terre.

(1) Conférence faite à l'assemblée générale de la Société scientifique, à Bruxelles, le 28 janvier 1904.

Quand on veut se procurer, pour les étudier, un grand nombre de tremblements de terre, ou établir la liste de ceux qui ont ébranlé un pays, on commence par compulser les recueils d'observations météorologiques qui, au XIXe siècle, ont pris un si énorme développement ; c'est dire que pendant longtemps les secousses du sol ont figuré parmi les curiosités, les faits divers pour ainsi dire. de la météorologie. Mais en même temps, et comme il était naturel, cette science leur a fait appliquer la recherche de lois périodiques, ou de relation avec la température, la pression barométrique, les saisons, enfin avec les phases de la lune, dernière et universelle panacée scientifique à laquelle n'a échappé aucune connaissance humaine. Il a bientôt fallu se rendre à l'évidence : les tremblements de terre se dérobent à toute statistique de ce genre, car ce sont des phénomènes de la vie interne du globe qui n'ont rien à faire avec les astres et ne sont soumis à aucune influence extérieure à notre planète. Dès lors, à cette constatation, la Sismologie, ou science des tremblements de terre, s'affranchissant de la météorologie, devenait autonome et conquérait si rapidement sa place au soleil qu'elle a maintenant ses adeptes spécialisés, ses instruments particuliers et ses propres observatoires. Un tel essor, atteint d'emblée en quelque vingt-cinq ou trente années, est presque unique dans l'histoire des sciences, et c'est l'ensemble des visées de la sismologie, sortie de ses langes, que la Société m'a fait l'honneur de me charger de vous exposer, au moins dans les grandes lignes.

Que l'on ressente un violent ébranlement de la pièce où l'on se trouve, il ne viendrait à personne de bon sens l'idée de sortir vivement pour voir si l'état du ciel peut expliquer un fait aussi étrange. C'est pourtant ce que l'on faisait autrefois, et l'on se gardait d'aller à la cave, je veux dire aux entrailles de la terre, pour y chercher la cause des tremblements de terre. Leur nom seul montrait bien cependant où il fallait les étudier et là seulement.

C'est tellement vrai que les grands séismes sont parfois accompagnés de visibles et désastreuses perturbations de la surface terrestre. La formation de l'Allah-Bund, ou digue de Dieu, dans le delta de l'Indus en 1819, une dénivellation d'une vingtaine de mètres sur près de deux cents kilomètres de long, dans le Japon central en 1891, sont des phénomènes de ce genre qui suffisent, par la production de ces failles gigantesques, à changer la configuration de tout un pays et sont des événements historiques plus intéressants que beaucoup de ceux autour desquels s'agite la pauvre humanité.

Les tremblements de terre apparaissent ainsi comme le résultat des grands mouvements de l'écorce terrestre sous l'influence de son refroidissement séculaire. Devenant robe trop ample pour le noyau, il faut bien que, sous l'action de la pesanteur qui la force à en épouser la forme, elle se plisse d'abord, puis se fendille et se brise enfin, faisant saillir les montagnes et creuser les océans. Mais tout cela ne va pas sans des ébranlements, petits ou grands, cela ne se prépare même pas sans des frémissements proportionnés aux masses en jeu. Ce sont ces mouvements que nous ressentons sous forme de séismes.

Il ne tremble pas également sur toute la surface de la terre. Certains pays comme le Japon, le Chili, le Centre-Amérique, les Philippines, les Indes Néerlandaises, etc., sont pour ainsi dire en perpétuel mouvement. On est donc amené à faire la description sismique du globe, et les observations se sont tellement développées partout que l'on peut maintenant établir cette géographie d'un nouveau genre. Ce travail a montré immédiatement que les pays ébranlés se trouvent généralement au pied des hautes chaînes, ou au bord des abîmes océaniques les plus profonds. C'est dire que les tremblements de terre sont liés à la formation des traits géographiques principaux, là où un compartiment de l'écorce brisée se dresse pour constituer une chaîne le long de sa tranche relevée et où le

voisin, le plus souvent sous-marin, s'effondre, deux lentes actions simultanées qui permettent à l'écorce de toujours habiller le noyau sans vide intermédiaire. Le long de la cassure elle frémit sous l'effort, en un mot, il y tremble.

En a-t-il toujours été ainsi ? Assurément oui. Toutes les failles, ces fractures linéaires qui font correspondre à la surface du sol les terrains les plus anciens avec les plus modernes et qui, en Belgique par exemple, font le désespoir des mineurs lorsque la riche couche de houille s'arrête brusquement et qu'il faut aller la relancer plus haut ou plus bas, tous ces accidents se sont produits avec des tremblements de terre, qui à ces lointaines époques n'ont pu effrayer que les étranges et gigantesques créatures des faunes éteintes, si tant est qu'elles y fissent attention. Mais la faille ou la dislocation une fois produites, il ne s'ensuit pas que l'écorce ait repris son équilibre. Pendant longtemps, et il faut entendre ce mot dans le sens géologique, les couches continuent de vibrer, parce que la rupture n'a pas épuisé tout l'effort. Les parties brisées ne cessent de peser l'une contre l'autre et de temps en temps l'une cédera brusquement, d'où tremblement de terre, sans qu'aucun signe extérieur ne vienne accuser l'accident géologique en cause s'il s'est écoulé assez de temps depuis sa formation pour que des dépôts subséquents l'aient complètement recouvert. On est ainsi amené à rechercher dans tous les pays quels accidents géologiques correspondent à une survie des efforts auxquels ils doivent naissance et quels autres ont perdu toute vitalité. Quelle surprise si l'on venait un jour à démontrer que la grande faille, dite *du midi*, qui disloque les bassins houillers de la Belgique et du nord de la France, se réveillait encore quelquefois. Et cependant cela n'aurait peut-être rien de fantaisiste, les accidents contemporains du sud de l'Angleterre produisant encore des secousses du sol.

C'est ainsi que les tremblements de terre sont en relation directe avec l'histoire géologique des pays qu'ils

ébranlent. Et si une connaissance profonde de la géologie d'une région en explique les séismes, réciproquement ceux-ci peuvent à l'occasion en éclairer la géologie. Que l'on prenne par exemple un pays plat, comme la plaine Indo-gangétique. Pas de dislocations extérieurement visibles. Cependant le sol est assez instable. La sismologie a fait ici prévoir des dislocations qui ont été ultérieurement découvertes. Ailleurs les tremblements de terre attestent l'existence antérieure d'une ancienne chaîne de montagnes que l'érosion a lentement, mais complètement, rabotée au niveau de la plaine. C'est le cas du sud de la Russie. La chaîne a disparu, et si les dislocations du sous-sol n'en venaient déceler l'existence aux géologues de profession, elles l'affirmeraient à tous par les secousses qui agitent la région au nord-ouest de la mer d'Azov.

La sismologie ne limite point ses investigations au passé de la planète, elle ne craint point d'entrebâiller, timidement sans doute, la porte sur son avenir. Il tremble ici, dit-elle, c'est qu'il s'y prépare des efforts, qui se traduiront un jour par des dislocations importantes, s'ils prennent un développement suffisant. Ou bien le sol devra s'élever ou s'abaisser pour leur obéir, ce sont les *bradisismes* à la faveur desquels les côtes se modifient — les pays flamands en ont connu bien des exemples depuis les temps historiques — ou bien le paysage lui-même se transforme graduellement. Il ne manque pas de pays de montagnes où les vieillards aient, dans le cours d'une longue carrière, vu devenir visibles des clochers qu'ils ne pouvaient dans leur jeunesse apercevoir de leur demeure, et inversement. La géodésie moderne confirme ces résultats et craint à l'égal d'un fléau les tremblements de terre qui dérangent ses signaux et réduisent à néant les pénibles calculs de ses triangulations.

Passé, présent, avenir même de la surface terrestre, ressortissent donc à la sismologie. Quelle autre science pourrait en dire autant ?

Malheureusement il s'en faut et de beaucoup que l'on connaisse la répartition sismique, autant qu'il conviendrait, à la surface de la terre. Les grandes lignes seules en sont connues. Bien des pays se sont mis à cette tâche considérable par une organisation systématique des observations. Les moyens et les bonnes volontés ne manquent pas. En première ligne les réseaux de stations météorologiques, puis les instituteurs publics, les employés des postes, des télégraphes, des chemins de fer, les officiers des postes militaires dans les pays exotiques occupés, les agents consulaires et commerciaux, les missionnaires enfin. Tous ces personnels divers et dévoués ont été ici ou là mis à contribution et partout avec succès. Au bout de quelques années, le récolement des observations et leur discussion par un office central, menés parallèlement avec les études géologiques, permettront aux deux sciences de se donner la main pour le plus grand bien de l'une et de l'autre branche de nos connaissances.

Tous les pays doivent se tenir pour obligés de faire le catalogue des tremblements de terre qui les ont ébranlés depuis l'origine de leurs annales, même ceux qui y sont le moins exposés. La Belgique a le sien depuis le beau travail de mon savant ami, M. Lancaster. Il semblerait que dans le haut moyen âge ils étaient plus graves que maintenant ; mais les documents historiques ne permettent cependant pas de l'affirmer en toute certitude.

Un des plus récents et plus curieux résultats de la répartition de l'instabilité sismique à la surface du globe est celui qu'une statistique portant sur plus de 150 000 tremblements de terre a permis de découvrir l'année dernière. Pour 95 p. c., c'est-à-dire la presque totalité, de ce nombre considérable, les centres d'ébranlement se distribuent presque également le long de deux zones étroites couchées sur deux grands cercles de la sphère terrestre.

L'une d'elles partant du Chili fait tout le tour du Pacifique en suivant la Cordillère des Andes et des Montagnes

Rocheuses jusqu'à l'Alaska et le détroit de Behring, puis redescend au sud par le Kamtchatka, le Japon et les Indes Néerlandaises. C'est presque sans interruption que cette zone circulaire constamment ébranlée fait le tour de l'immense océan, dont la grande profondeur atteste l'existence d'un compartiment effondré depuis les temps géologiques très reculés. D'autre part le bourrelet montagneux, qui l'entoure, est relativement récent, d'où son instabilité.

L'autre zone part des Antilles, passe aux Açores, pénètre en Europe par le bassin de la Méditerranée, se prolonge par la dépression Mésopotamienne, le Golfe Persique et la plaine du Gange au pied de l'Himalaya, puis se poursuit par l'Assam et la Birmanie au bord du colossal massif asiatique central, ou *toit du monde*, pour se terminer à la Nouvelle-Zélande. C'est encore là un grand cercle d'effondrement de la surface terrestre. De toutes parts dominé par de hautes chaînes, Atlas, Pyrénées, Alpes, Caucase et Himalaya, il occupe l'emplacement de deux continents disparus dont l'existence n'est point trop hypothétique, la fameuse Atlantide, entre le Brésil, l'Afrique et l'Europe, la Lémurie, où l'on a voulu voir le berceau du genre humain, entre l'Afrique et l'Australie.

Jetant un regard sur l'histoire géologique la plus reculée, on remarque immédiatement que ces deux zones excluent précisément de leur surface les territoires les plus anciennement continentaux, et que l'action continue des agents atmosphériques a dès longtemps réduits à l'état de plaines légèrement inclinées ou de hauts plateaux sans relief bien accentué. J'ai nommé le Brésil, le Canada, presque toute l'Afrique, l'Arabie, la Russie, la Sibérie, la Mongolie et l'Australie, toutes régions partout sismiquement stables, sauf quelques rares exceptions. La jeunesse et l'instabilité des grandes chaînes de montagnes, la sénilité et la stabilité de ces dernières régions aplanies, ne pouvaient, par un double et saisissant contraste, ressortir plus clairement d'une répartition inattendue des

tremblements de terre, et qui résulte uniquement de l'observation.

Est-ce par hasard que ces deux grands cercles d'instabilité sismique font entre eux un angle à peu près égal à celui de l'écliptique et de l'équateur, cet élément fondamental du système solaire ? On ne sait. Mais la nature n'a point de ces hasards. Cette égalité ouvre entre l'astronomie et la sismologie des horizons nouveaux, qui attendent leur Newton.

Aux secousses destructives, et à celles d'intensités diverses jusqu'à celles simplement sensibles à l'homme, ne se restreignent pas les manifestations sismiques. Il s'en produit une infinité d'autres seulement accusées par les instruments enregistreurs, ou sismographes. Ce sont des mouvements d'une amplitude variable, mais toujours très faible, actionnant ces appareils d'une extrême sensibilité. Toute l'ingéniosité des physiciens et des mécaniciens modernes s'est donné carrière dans leur invention et leur exécution. Il a fallu souvent, pour les établir et utiliser leurs résultats, faire appel aux plus hautes spéculations des mathématiques.

Des observatoires sismologiques ainsi outillés se sont fondés sur toute la surface du globe, dans les pays même les plus tard venus à la civilisation, comme dans la plupart des autres. La Belgique n'a point failli à cette obligation, les observations de M. Lagrange à Uccle en sont la preuve. Grâce aussi à la fameuse Association Britannique pour l'avancement des sciences qui a créé de semblables établissements dans les colonies anglaises les plus éloignées, la surface terrestre est dès maintenant enserrée dans les mailles d'un vaste filet sismique, et il n'y a plus qu'à les resserrer.

Ces observatoires enregistrent de nombreuses vibrations sismiques. Les unes correspondent à des secousses locales, plus ou moins intenses, plus ou moins rapprochées, les autres à des séismes lointains, d'autres enfin à rien qui ait

été ressenti quelque part à la surface du globe sous forme de séismes. Dès qu'un tremblement de terre d'origine quelconque atteint une certaine intensité — pas n'est besoin qu'il soit dévastateur — ses vibrations actionnent les sismographes du monde entier ; elles peuvent même revenir au point de départ, retour par l'antipode. Ces vibrations sont au moins de trois espèces différentes, dont les vitesses de propagation sont inégales, trois, cinq et dix kilomètres par seconde environ. Les plus lentes correspondent à la propagation à la surface terrestre autour du point d'ébranlement, comme les ondes d'un jet de pierre dans une eau tranquille. Il est clair que par comparaison de leurs sismogrammes et du temps auquel ils ont été enregistrés, les observatoires seuls pourront affirmer qu'un tremblement de terre a eu lieu dans telle région éloignée du globe, terrestre ou océanique, sans qu'ils aient besoin d'en être autrement avertis. Il est déjà surprenant que l'Observatoire d'Uccle puisse annoncer à Bruxelles un séisme de l'Inde ou de la Nouvelle-Zélande avant le télégraphe lui-même.

Les vibrations plus rapides correspondent à la traversée du globe de part en part de l'ébranlement sismique. Ce sont des ondes élastiques prévues par les théories mathématiques et leur étude peut conduire à des notions très étendues sur l'état interne du globe. On sait déjà, et c'est un résultat irréfutable parce qu'il est de pure observation, que le noyau central doit, en tout état de composition et de constitution, posséder une rigidité au moins double de celle de l'acier. Ce résultat est-il compatible avec la classique fluidité de l'intérieur de la terre? *Chi lo sà?* Se serait-on attendu, il y a peu d'années, à voir l'étude des tremblements de terre nous donner de si précieux renseignements sur l'inaccessible noyau central?

Si les sismographes enregistrent tout tremblement de terre un peu intense, où qu'il se produise, il s'ensuit cette conséquence inattendue que, théoriquement du moins, un

seul observatoire sismologique suffirait à les observer tous d'un seul point de la surface terrestre. C'est peut-être ce que se sont dit les pays qui se sont abstenus à la Conférence de Strasbourg, d'où est sortie, il y a quelques mois, une organisation systématique internationale des observations sismologiques à la surface de la terre. On va pouvoir dès maintenant compléter la carte sismique du globe et identifier entre elles les observations faites dans les divers observatoires. Le nombre des sismogrammes ne correspondant à aucun tremblement de terre connu diminuera certainement dans de grandes proportions, mais il restera toujours un résidu qui ne pourra disparaître. Il y a en effet tout lieu de supposer que nombre de vibrations ne correspondent à aucun tremblement de terre, mais sont produites par des phénomènes tout différents et pour lesquels la recherche des lois périodiques, chères aux météorologistes, conserve sa légitimité — réaction de la pression atmosphérique sur la croûte terrestre, échauffement solaire inégal des deux versants d'une chaîne de montagnes, action du vent, accumulation des neiges, marées, etc., toutes manifestations qui ne laissent pas que de se traduire par des vibrations minuscules, impressionnant les sismographes, tant est grande leur sensibilité. On doit penser aussi que l'intérieur de l'écorce, même à une grande profondeur, n'est point cristallisé dans un repos absolu, et qu'il s'y passe encore d'intenses phénomènes mécaniques, chimiques ou autres, sur lesquels les sismographes sont appelés à nous renseigner un jour. Peut-être quelques-unes de ces vibrations non identifiables avec des tremblements de terre leur correspondent-elles.

La possibilité d'observer les tremblements de terre d'un point quelconque de la surface du globe, lorsqu'ils atteignent un certain degré d'intensité, a conduit Milne à des résultats surprenants. Il a pris les années 1898 à 1900 et les quelques deux cent cinquante séismes qui,

pendant ce laps de temps, ont actionné les sismographes du monde entier et que, de ce chef, on pourrait qualifier d'universels. Des différences entre les temps auxquels ils ont été signalés dans les divers observatoires, il a facilement déduit les coordonnées de leurs origines respectives. Ces points de départ des ébranlements ont défini à la surface du globe un certain nombre de régions d'où ils émanent, le reste de la surface terrestre n'en possédant aucun. Ces régions sont placées le long des grandes lignes de relief, là où au pied des grandes chaînes les différences d'altitude et les pentes prennent une valeur considérable. Plusieurs sont tout entières océaniques, mais n'échappent point à la règle pour cela, car elles se rencontrent au voisinage des fosses sous-marines les plus profondes. C'est ainsi que par une méthode indirecte le savant sismologue anglais a retrouvé les lois de relation entre le relief et la sismicité, que l'observation directe avait permis d'énoncer dès 1895. Ces lois n'en acquièrent ainsi que plus de force et s'imposent maintenant comme un fait d'expérience doublement constaté.

Les phénomènes météorologiques présentent à un haut degré un caractère de périodicité qu'ils doivent au retour de la terre aux mêmes points de son orbite. On a déjà eu l'occasion de dire que les recherches dans ce sens ont été absolument vaines en ce qui concerne les tremblements de terre véritables, parce que rien ne ramène pour un point de l'écorce terrestre des conditions semblables, même de loin, à celles qui s'y étaient présentées antérieurement. Aussi, bien des savants y ont usé leur vie sans réussir à les découvrir. Faut-il citer Alexis Perrey, qui n'a guère trouvé qu'en Belgique l'accueil et l'appui que devaient lui mériter dans son propre pays ses immenses catalogues sismiques ? C'est par la connaissance de lois périodiques, par la détermination de cycles de longues durées et par d'autres moyens accessoires, touchant à la nature et à la marche mêmes des phéno-

mènes, que les météorologistes arriveront, bientôt peut-être, on peut du moins l'espérer, à la solution du problème capital de leur science, la prévision du temps. On peut dire qu'ils y touchent, qu'ils brûlent, comme dans un jeu de famille bien connu. En pourra-t-il être de même un jour pour les phénomènes sismiques ? Non sans doute, du moins par la même voie, puisqu'ils n'obéissent à aucune loi périodique, et, circonstance aggravante par rapport aux météores, parce que leur lieu d'origine, l'intérieur de la terre, restera probablement toujours bien plus inaccessible que l'atmosphère dont on fait explorer les régions les plus élevées par les ballons-sondes. Il n'est cependant pas tout à fait téméraire de supposer que dans un avenir, assurément très lointain, les sismologues arriveront peut-être à prédire les tremblements de terre. En effet les grands séismes n'arrivent pas inopinément, le plus souvent du moins. Ils sont préparés, signalés même, un certain temps à l'avance par des secousses prémonitoires plus ou moins fortes, mais dans tous les cas nettement anormales par rapport à la fréquence habituelle dans la région considérée, par rapport à son régime sismique ordinaire, pourrait-on dire. Cette exacerbation des secousses s'accentue graduellement quant au nombre et à l'intensité, puis un beau jour la catastrophe éclate. Les esprits attentifs le savent bien dans les pays si souvent dévastés de l'Amérique espagnole, et les gens avisés s'empressent de bâtir de légères constructions, des *ranchos*, pour s'y réfugier, eux et leurs familles, dès que le danger devient plus menaçant. Il est vrai qu'ils s'y laissent prendre eux-mêmes parfois, et que souvent ces précautions ne servent qu'aux survivants. Après le tremblement de terre tout rentre dans l'ordre, mais bien plus lentement toutefois, de sorte que les secousses consécutives sont généralement plus nombreuses que les prémonitoires. Quelquefois même des répétitions violentes complètent les ruines déjà produites. Quoi qu'il en soit, on connaît très bien maintenant

la relation mathématique reliant le temps avec le nombre des secousses anormales consécutives. Cette même relation pour les secousses prémonitoires est encore à trouver. Rien n'empêche donc de supposer qu'une connaissance plus approfondie de cette marche ne permette un jour de prévoir à l'avance, et avec plus ou moins de précision, le temps nécessaire à son évolution pour atteindre le maximum, c'est-à-dire le moment où le désastre se produira probablement. En outre, les secousses prémonitoires possèdent peut-être quelque caractère spécial, encore inconnu, mais reconnaissable aux sismogrammes de l'avenir et permettant de les distinguer des secousses ordinaires du pays. Dès ce moment la prévision des grands tremblements de terre ne sera plus un rêve comme aujourd'hui, mais entrera dans le domaine des plus utiles réalités. En tout cas la solution du problème, si cette voie y conduit un jour, nécessitera une connaissance très précise du régime sismique propre à chaque région, ce qui suppose de longues, très longues périodes d'observations suivies. Mettez, si vous le voulez, que ce ne soit qu'un rêve, il m'aura permis d'exposer la façon dont les grands tremblements de terre se préparent et se continuent, en un mot, de vous décrire ce qu'on a appelé la tempête sismique, dont la durée totale atteint des mois, voire même des années. Quelquefois la catastrophe manque, et le tout constitue un essaim de tremblements de terre.

Depuis quelques années l'attention des géodésiens se porte sur les anomalies de la pesanteur. Par la petitesse des effets à mesurer, c'est là un sujet des plus délicats, et l'on conçoit très bien qu'il soit lié aux déviations locales de la verticale. La sismologie a la prétention d'être consultée dans cette intéressante question, et l'un des membres les plus connus de la Société, M. de Lapparent, montrait récemment à l'Académie des Sciences de Paris, comment ces anomalies pour l'Italie méridionale dépendent des dislocations de l'écorce terrestre et des lignes d'insta-

bilité sismique, à la suite des études de Riccò. Permettez-moi de citer un autre exemple, parce qu'il montre bien comment tout se tient dans la nature et combien la sismologie a le droit de dire : *Quo non ascendam ?* De chaque côté de la vallée du Gange, le fil à plomb est dévié vers son milieu, contrairement à ce qu'on aurait pu croire, au moins vers le nord à cause de l'imposante masse de l'Himalaya. Ce résultat s'explique si l'on admet que sous les épaisses alluvions de la plaine se cachent des roches très denses, capables donc de contrebalancer l'attraction de la chaîne et même de la vaincre. Or, qui dit roches denses appelle par cela même ordinairement l'idée de chaîne. Il n'y en a pas, il en a donc existé une, dont les racines seules subsistent dans la profondeur, rabotée qu'elle a dû être par les agents atmosphériques. Cette conception hardie est corroborée par l'instabilité sismique, évoquant la présence de dislocations cachées elles aussi et expliquant le manque d'équilibre des fondements de la chaîne disparue. Donc ici fil à plomb, pendule et sismographe s'accordent pour nous permettre de reconstituer une phase importante de l'histoire géologique d'une région, et ce en l'absence de tout vestige matériel extérieur.

Rien n'est immuable dans la nature dont le perpétuel mouvement et l'incessant devenir sont la loi la plus générale, et cet indiscret touche-à-tout qu'est la science moderne ne laisse décidément debout aucune des entités d'autrefois. C'est ainsi que depuis peu d'années la latitude n'apparaît plus comme un élément fondamental, invariable. Il faut donc que le pôle divague aussi à la surface du globe. Les mouvements en question se réduisent à quelque vingt ou vingt-cinq mètres autour de sa position moyenne, et il semble décrire une sorte de spirale en une période tout à fait différente de celle de l'année. Ce phénomène reste encore bien mystérieux, mais nous ne saurions passer sous silence que deux éminents sismologues, MM. Milne et Caneani, veulent le voir en relation avec l'acti-

vité sismique. Assurément la question n'est pas mûre, mais, s'il s'agit là de déplacements de masses à l'intérieur de la terre, la sismologie veut dire son mot.

Il semble bien que perturbations magnétiques et sismiques coïncident quelquefois. C'est là un vaste champ d'études fort intéressant et qui a trouvé un savant belge pour l'exploiter, M. E. Lagrange.

Il n'est pas certain que les Mistpœffers, ces mystérieux bruits de la mer du Nord, à laquelle ils ne sont d'ailleurs pas exclusivement propres, tels les Barrisal-Guns du delta du Gange et les Marinas d'Italie, soient d'origine sismique. Ils font l'objet des préoccupations de mon savant ami, M. Van den Broeck.

Depuis quelques années la Société belge de géologie, paléontologie et hydrologie a inscrit à son programme, et c'est là un but humanitaire de premier ordre, la recherche des relations qui peuvent exister, et sont admises par plusieurs savants, entre les vibrations de l'écorce terrestre et les dégagements de grisou. Les observations du sismographe installé au fond de la mine de l'Agrappe aideront peut-être à la solution de cet angoissant problème : *la prévision des coups de grisou.* La sismologie descendant des hauteurs de la spéculation méritera peut-être ainsi la reconnaissance des mineurs du monde entier.

On trouvera sans doute fort étrange que, parlant des tremblements de terre, on reste absolument muet sur les volcans. Les deux redoutables phénomènes sont si souvent accouplés. Volcans et tremblements de terre sont le titre d'un nombre incalculable de livres de vulgarisation et de chapitres de traités de géographie et de géologie. D'après tout ce qu'on sait, en effet, actuellement des tremblements de terre, il est certain aujourd'hui que ce sont des mouvements tout à fait indépendants des volcans, quoiqu'ils aient une origine commune. Qui ne se rappelle l'effroyable catastrophe de la Martinique dont M. de Lapparent vous a si brillamment entretenus l'année dernière ? Et cepen-

dant, l'île est restée inébranlable sur ses fondements. Sismicité et volcanicité résultent bien d'une même cause première, la déformation de l'écorce terrestre sous l'influence de son refroidissement et de son ratatinement séculaires — je ne trouve pas d'expression plus suggestive — mais elles n'ont pas les mêmes causes secondes. La sismicité est indirectement un effet de la pesanteur et se manifeste surtout le long et à proximité de la fracture sous-marine, en tout cas du côté le plus abaissé des compartiments effondrés, tandis que la volcanicité, et son stade ultime la thermalité, ont pour point de départ la tendance des gaz et des vapeurs à s'échapper de l'écorce terrestre et se montrent surtout du côté opposé des grandes fractures. En outre le voisinage, au moins relatif, de la mer n'est plus considéré comme un facteur nécessaire de la formation des volcans, comme on le croyait autrefois.

Nous avons parcouru maintenant les principaux et plus intéressants domaines de la sismologie. Nous avons montré qu'elle éclaire singulièrement toute l'histoire géologique et géographique du globe terrestre et, en un mot, la Géophysique, qu'elle embrasse tous les mouvements de son écorce, petits ou grands, brusques ou lents, passagers ou permanents; nous avons vu enfin qu'elle permet de spéculer, dans le bon sens du mot, sur la constitution et l'état internes de la planète, naguère réputés inaccessibles. Mais à ce compte seul elle serait restée l'apanage de quelques passionnés et n'aurait pas mérité de provoquer en aussi peu d'années un mouvement scientifique presque sans exemple. C'est qu'on a le droit de lui demander autre chose pour le bien de l'humanité, l'atténuation, au moins dans une certaine mesure, des désastres causés par les tremblements de terre. Elle ne saurait faillir à cette tâche.

Un tel but peut sembler passablement téméraire et osé, les tremblements de terre passant dans l'opinion publique pour des phénomènes contre lesquels la science et la

sagesse humaines ne peuvent rien et devant lesquels il n'y a qu'à s'incliner en face de l'inéluctable. L'immensité de certains désastres, véritables événements historiques, le grand nombre des victimes écrasées sous les débris de leurs habitations, les édifices, qui font la gloire et l'ornement des capitales, comme pulvérisés au milieu des maisons renversées, les terribles incendies qui complètent la catastrophe en brûlant vivants des milliers de blessés avant qu'on ait pu les arracher aux décombres sous lesquels ils sont à moitié ensevelis, tout ce sombre tableau fait des séismes un véritable fléau de Dieu. Il est cependant facile de montrer par de nombreux exemples combien il est au pouvoir de l'homme, non de s'en affranchir complètement, mais de diminuer les dommages dans une proportion que l'on peut, sans crainte d'exagération, estimer aux deux tiers.

On voit, en effet, dans les pires désastres, des maisons voisines souffrir très différemment, et dans une même ville certains quartiers échapper à la ruine. Avec un peu d'attention, on s'aperçoit vite que les maisons construites suivant toutes les règles de l'art résistent le plus souvent assez bien et s'en tirent avec des dégâts sans grande importance, surtout lorsqu'elles n'occupent pas des situations topographiques que l'expérience apprend être fatalement dangereuses. Dans des pays très exposés, de nombreux monuments classiques, grecs ou romains, ont victorieusement résisté à l'effort des siècles et à de nombreux tremblements de terre. L'emploi de matériaux d'excellente qualité s'impose, et de fait les habitations de la partie pauvre des populations souffrent incomparablement plus que les autres. C'est donc une tâche importante de la sismologie d'étudier les meilleures méthodes de construction dans les pays à tremblements de terre. L'art de construire est tout entier basé sur la nécessité de résister à une force continue verticale de haut en bas, la pesanteur. Dans les pays instables il s'y ajoute des forces brusques ou ondula-

toires, verticales de bas en haut et horizontales, auxquelles il s'agit de résister. C'est là un chapitre utilitaire de la sismologie où il reste encore beaucoup à faire, malgré les règlements d'édilité que plusieurs villes se sont donnés après des catastrophes, comme Norcia, Ischia, Manille, Lisbonne, mais que la routine et l'incurie ont vite laissés tomber en désuétude, jusqu'à ce qu'une nouvelle épreuve vienne arracher à leurs habitants un trop tardif *meâ culpâ*, ce qui ne saurait manquer.

Mais outre la question des règles spéciales aux pays à tremblements de terre et qui résultent pour l'art des constructions de la nécessité de résister à des forces nouvelles, l'étude de leur assiette topographique y prend une importance capitale. On ne saurait établir de règles générales. Tantôt ce sont les sols durs qu'il faut préférer, tantôt les sols mous. Ici les hauteurs sont moins exposées que les bas, et ailleurs c'est le contraire. C'est que l'enchevêtrement des conditions de situation et de composition exclut toute solution générale du problème. On est donc réduit à s'en référer à l'expérience, guidée toutefois par certains principes généraux et aussi par les résultats des expériences des sismologues japonais que nous ne pouvons malheureusement qu'indiquer très succinctement. Tokyo est une ville immense et où est grande la diversité des terrains sur lesquels elle est bâtie. On a installé en divers de ses points des sismographes, et en outre de nombreux observateurs bénévoles se sont mis à la disposition des savants enquêteurs pour les renseigner d'une façon très précise sur la façon dont les nombreuses et fréquentes secousses du pays ébranlent les divers quartiers de la ville. Ces recherches complétées par les renseignements déduits des désastres sismiques antérieurs ont permis de se rendre un compte exact de la stabilité relative des diverses parties de Tokyo. Cette reconnaissance sismique a eu cette conséquence curieuse d'influer sur le prix des terrains suivant les quartiers et sur le taux des hypothèques des immeubles.

Certains terrains ne trouvent même plus d'acquéreurs. Un semblable travail a été exécuté pour toute l'île d'Ischia après la catastrophe de 1883, et le gouvernement a interdit formellement de bâtir en certains endroits. De semblables études s'imposent comme une nécessité absolue dans toutes les villes exposées, et dans toutes les régions instables. C'est là une tâche considérable dévolue aux sismologues qui ont pour devoir strict de ne pas se confiner dans leurs intéressantes recherches théoriques, mais doivent songer aussi un peu au bien de leurs semblables.

On voit d'après ce qui précède quel vaste champ de connaissances diverses doit cultiver le sismologue. Il faut qu'il soit géographe et géologue pour rechercher les causes des tremblements de terre, il faut aussi qu'il soit physicien et mécanicien pour utiliser et inventer les appareils sismographiques et scruter la nature intime du mouvement sismique. Cela explique pourquoi les sismologues ont presque tous dû se spécialiser dans l'une ou l'autre direction, l'intelligence humaine permettant difficilement d'aborder simultanément autant de sciences différentes.

Les tremblements de terre, chose assez inattendue, ne sont pas dénués de toute application pratique. Au point de vue géographique, ils permettent de calculer la profondeur moyenne d'un océan au moyen de l'observation des temps que les ondes développées au sein de la masse liquide mettent à le parcourir. C'est ce que l'on a pu faire pour les séismes japonais signalés aux marégraphes de San-Francisco, ou pour ceux de la côte chilienne observés à ces mêmes instruments à la Nouvelle-Zélande. Cette méthode donne des résultats fort concordants avec ceux des sondages et mérite d'être employée. Les deux se contrôlent mutuellement.

Il est une autre application, beaucoup plus pratique et plus utile, que l'on ne saurait passer sous silence. Les sismologues japonais, sous la direction d'Omori et de Tanakadate, auxquels on doit tant de beaux travaux sur

les tremblements de terre, ont, après le grand séisme du Japon central en 1891, appliqué les sismographes à la recherche des formes les plus stables et les plus résistantes des constructions et de leurs principaux éléments sous l'action des tremblements de terre. Puis, très logiquement, ils ont appliqué ces mêmes instruments à l'étude des mouvements communiqués aux ponts métalliques des chemins de fer par le passage des trains, lourds ou légers, lents ou rapides, de manière à voir, au moyen des sismogrammes enregistrés, comment travaillent leurs diverses parties, et en déduire les formes et les dimensions les plus favorables. Ces recherches ont donné les résultats les plus intéressants pour la construction de ces ponts, indépendamment de toute question de résistance aux tremblements de terre.

Poursuivant cette féconde innovation, Omori et ses collaborateurs ont, en 1894, doté douze ponts des chemins de fer japonais de sismographes installés en permanence pour suivre pas à pas le progrès de leur usure en service normal. Ils pourront dans ces conditions déterminer le moment précis où il faudra les réparer, et même, le cas échéant, les refaire complètement pour la plus grande sécurité des voyageurs. Cette méthode intéressante a été suivie par Belar, en 1900, pour le pont de Moor près de Laybach. En surveillant ainsi constamment ces ouvrages d'art, on pourra éviter des catastrophes comme celle du 14 juin 1891 au pont de Mönchestein, près de Bâle, où soixante-quatorze morts et deux cent cinquante à trois cents blessés furent peut-être victimes d'un état d'usure insoupçonnée.

Enfin la même méthode a servi, en mai 1902, aux ingénieurs Bitter et Komoos pour étudier l'état à ce moment de quatorze voies ferrées aux environs de Laybach, par la comparaison des sismogrammes obtenus avec ceux qu'aurait donnés une voie semblable, mais neuve.

On voit combien les services d'inspection d'État et même

les compagnies de chemins de fer auraient intérêt à généraliser l'emploi d'un procédé assurant aussi complètement la sécurité de millions de voyageurs. Combien de catastrophes seraient évitées de la sorte ! Une fois de plus, le bien peut venir du pire mal ; il était intéressant de le signaler pour les tremblements de terre qui ont indirectement conduit à ces résultats.

J'ai terminé la tâche que la Société m'avait fait l'honneur de me confier, heureux si j'ai pu allumer chez quelques-uns d'entre vous l'étincelle qui en fera des sismologues pour le plus grand bien d'une science aussi élevée qu'utile à l'humanité.

DE MONTESSUS DE BALLORE.

L'HYGIÈNE ALIMENTAIRE

DEVANT LES RÉCENTS CONGRÈS

Les principales questions d'hygiène alimentaire offrant un intérêt d'actualité ont été discutées récemment dans trois congrès internationaux : le *Ve Congrès de chimie appliquée*, tenu à Berlin en juin dernier, le *XIIIe Congrès d'hygiène et de démographie* et le *Ier Congrès de laiterie* qui ont eu lieu à Bruxelles en septembre.

Le Congrès de chimie appliquée avait pour président le Prof. Dr Witt, conseiller intime du gouvernement, et pour secrétaire M. le Dr Pulvermacher. Il comptait près de 3000 adhérents. La section d'hygiène comprenait une sous-section des denrées alimentaires, sous la présidence de M. le Prof. D^r von Buchka, conseiller intime du gouvernement. On y a discuté notamment des questions relatives à l'expertise du lait, du beurre, du saindoux, des farines, des sucres, des vins, des eaux-de-vie et des liqueurs alcooliques, à l'épuration des eaux alimentaires, à l'emploi des matières colorantes et de la saccharine, à la recherche de l'arsenic, à celle du jaune d'œuf, au dosage des hydrates de carbone, au dosage de la pentosane, de la cellulose et de la lignine, à l'analyse des fourrages ainsi qu'à la chimie des denrées alimentaires en général.

Le Congrès d'hygiène et de démographie, qui a réuni plus de 1600 adhérents, avait pour président M. Beco,

secrétaire général du Ministère de l'Agriculture, chargé de la direction générale du service de santé, hygiène publique et voirie communale, et pour secrétaire général M. le Dr Putzeijs, professeur à la faculté de médecine de l'Université de Liége. La section de l'hygiène alimentaire, présidée par M. Depaire, professeur à l'Université de Bruxelles, a examiné des questions relatives à l'expertise des viandes, du lait, des conserves alimentaires ; elle a, en outre, reçu des communications concernant l'amélioration de l'alimentation, la lutte contre la falsification, et divers autres objets. Dans d'autres sections on s'est occupé des garanties de salubrité à exiger des eaux potables, de l'analyse bactériologique de ces eaux, de l'alimentation lactée des jeunes enfants, etc.

Le Congrès de laiterie, qui comptait près de 700 membres, avait pour président M. le baron Peers de Nieuwburg et pour secrétaire général M. Colard Bovy, respectivement président et secrétaire général de la Société nationale belge de laiterie. Une section, sous la présidence de M. Proost, directeur général de l'Agriculture, remplacé par M. Gedoelst, professeur à l'École de médecine vétérinaire de l'État, s'est occupée de l'hygiène du lait et de ses dérivés. Une autre section, sous la présidence de M. André, inspecteur général de la fabrication et du commerce des denrées alimentaires au Ministère de l'Agriculture, a discuté les mesures à prendre pour combattre les fraudes dans le commerce des produits de la laiterie et particulièrement dans le commerce du beurre.

Ces trois congrès ont eu un plein succès et l'on y a accompli une grande somme de travail. De nombreux rapports avaient été imprimés et distribués avant l'ouverture. Nous résumerons les rapports présentés et les conclusions adoptées à la suite des discussions dans les sections, en ce qui concerne les *aliments* et les *boissons*.

VIANDES

Les questions suivantes étaient posées à la section d'hygiène alimentaire du Congrès d'hygiène :

Quelles sont les maladies des animaux de boucherie qui en rendent les viandes impropres à la consommation? Parmi ces viandes, quelles sont celles qui peuvent être consommées après avoir été stérilisées? Quelles sont les viandes qui doivent être absolument détruites ?

Ces questions se trouvent résolues déjà dans la plupart des pays, par des lois ou des règlements. Mais on a jugé utile de comparer et de discuter les solutions adoptées, en vue du perfectionnement et de l'unification de la législation sur la matière.

Des rapports ont été présentés par MM. Morot (inspecteur sanitaire des abattoirs, foires et marchés, Troyes), le Dr Ostertag (professeur à l'École de médecine vétérinaire de Berlin) et le Dr Stubbe (inspecteur des services vétérinaires au Ministère de l'Agriculture, Bruxelles).

Chaque rapporteur examine les diverses maladies des animaux aux points de vue indiqués au programme ci-dessus.

M. Stubbe rappelle qu'en Belgique le règlement autorise la consommation de la viande, dans certains cas de tuberculose, lorsqu'elle a été soumise pendant trois heures au moins à une température humide de 110° C. dans un appareil stérilisateur agréé par le Ministre. Des usines à stérilisation sont établies dans onze communes du pays.

Comme procédés de destruction des viandes reconnues absolument impropres à la consommation, l'enfouissement doit être abandonné, d'après MM. Morot et Stubbe, pour les motifs suivants : *a)* des viandes enfouies sont déterrées et livrées clandestinement à la consommation publique ; *b)* les germes de certaines maladies, comme le charbon, se conservent longtemps dans le sol et propagent à un

moment donné ces affections ; *c)* les eaux potables se contaminent par les microbes et par les produits de la putréfaction des animaux. La destruction doit s'opérer de préférence par la chaleur ou sous l'action d'agents chimiques. Une bonne partie de la Belgique est déjà desservie par des usines agréées par l'État, où la destruction est effectuée à une température humide de 150 degrés.

Ont pris part à la discussion MM. Degive (Bruxelles), Lignières (Buenos-Aires), Vaillard (Paris), Bastin (Huy), Aug. André (Charleroi), Colson (Ixelles), Lemaire (Lille), Laho (Bruxelles), Hansoulle (Verviers), Mosselman (Bruxelles), Liénaux (Bruxelles), Montsarrat (Lille), Constant (Paris), Pollard (Ath), De Jong (Leyde), Raquet (Gembloux), Sérès (Bordeaux), Perroncito (Turin), Collingridge (Londres), Diederich (Luxembourg), Cooremans (Bruxelles), De Roo (Bruxelles), Rappin (Nantes), Salembier (Leuze), Martel (Paris).

Les conclusions suivantes ont été admises :

La viande est impropre à la consommation quand elle provient d'animaux atteints des maladies suivantes : charbon bactéridien ; charbon bactérien ; — morve et farcin ; — rage et suspicion de rage ; toutefois, dans les cas de morsure par un animal enragé, la viande pourra être consommée après stérilisation ; — tétanos ; — septicémie gangreneuse ; — pyohémie ; — trichinose ; — ladreries du bœuf et du porc ; toutefois la viande ladrique pourra être consommée après emploi d'un procédé assurant la destruction des cysticerques ; — actinomycose généralisée ; — tuberculose, dans les cas suivants : *a)* lorsque l'affection est généralisée, quel que soit l'état d'embonpoint de l'animal ; *b)* lorsque l'animal est dans un état d'amaigrissement prononcé, quelle que soit l'étendue des lésions ; la viande saisie pour tuberculose généralisée pourra, quand l'embonpoint de l'animal sera satisfaisant, être livrée à la consommation après stérilisation ; il en sera de même dans les cas douteux eu égard à la nature et à

l'étendue des lésions ; il y aura lieu de procéder à la saisie totale des organes viscéraux quand la tuberculose sera constatée dans un viscère ; — fièvre typhoïde du cheval ; — entérite diarrhéique aiguë des veaux ; – coryza gangreneux du bœuf ; — peste bovine ; la viande provenant d'un animal atteint de peste bovine pourra être livrée à la consommation quand on ne constatera à l'autopsie que quelques lésions très limitées ; — gourme maligne ; — anasarque ; — psorospermoses, quand les lésions sont calcaires ou purulentes ; — albuminurie avec infiltration des muscles ; — hydrohémie ; — mélanose généralisée ; — ictère ; — urémie ; — carcinomatose ; — maladies en général rendant la viande saigneuse, infiltrée ou altérée d'une façon notable ; en cas d'infiltration légère des muscles, la viande pourra être consommée après stérilisation ; — intoxication, quand la substance ingérée peut nuire à la santé de l'homme ;

La viande provenant d'animaux atteints de rouget du porc ou de pleuropneumonie contagieuse de la bête bovine pourra être consommée si elle présente un aspect normal ;

En cas de stomatite aphteuse, la viande des organes atteints ne pourra être consommée qu'après stérilisation ;

Les viandes insalubres doivent être détruites par des agents chimiques ou par la chaleur ; l'enfouissement ne doit être toléré que lorsque ces moyens ne peuvent être employés.

La question des *mesures à prendre contre l'infection éventuelle de l'homme par la viande (et le lait) d'animaux tuberculeux* est connexe à celle de l'identité de la tuberculose des animaux domestiques et de la tuberculose humaine, qui a fait l'objet de rapports de MM. le Dr Arloing (professeur à la Faculté de médecine et directeur de l'École vétérinaire, Lyon), le Dr De Jong (vétérinaire de l'État, Leyde), le Dr Fibiger (professeur à l'Université

de Copenhague) et le Dr Gratia (professeur à l'École de médecine vétérinaire de l'État, Cureghem-Bruxelles).

Les deux sections de bactériologie et d'hygiène alimentaire ont été réunies pour la discussion, à laquelle prirent part MM. Kossel (Berlin), Bujwid (Cracovie), Bordet (Bruxelles), Lignières (Buenos-Aires), Perroncito (Turin), Preis (Budapest), Loeffler (Greifswald), Montsarrat (Lille), Delporte (Dour), Chauveau (Paris), Kirchner (Leipzig), Czaplewski (Cologne), Pfeiffer (Königsberg), Woodhead (Cambridge), Wassermann (Berlin).

La conclusion suivante a été adoptée :

La tuberculose humaine est particulièrement transmise d'homme à homme ; néanmoins, dans l'état actuel de nos connaissances, le Congrès estime qu'il y a lieu de prescrire des mesures contre la possibilité de l'infection de l'homme par les animaux.

M. Stubbe (Bruxelles) a fait une communication à la section d'hygiène alimentaire sur la *conservation des viandes fraîches par le formol.*

La section d'hygiène administrative a entendu une communication de M. Mangianti (Florence) sur le *rendement de la viande de bœuf bouillie dans les alimentations collectives.*

LAIT

Les questions suivantes, relatives à l'hygiène du lait et des produits laitiers, avaient été portées au programme de la seconde section du Congrès de laiterie :

1. Interdiction de vendre du lait, du fromage, du beurre, etc., provenant de bêtes atteintes de maladies contagieuses ou infectieuses ; désignation de ces maladies ;

2. Exceptions à cette interdiction en ce qui concerne les produits ayant subi un traitement spécial (stérilisation, pasteurisation, etc.) ;

3. Interdiction de la vente de lait provenant de maisons où règnent des maladies contagieuses (ou bien de la vente de lait manipulé par des personnes se trouvant en contact avec des malades atteints de ces affections); désignation de ces maladies ;

4. Mesures diverses tendant à assurer la salubrité du lait et de ses dérivés.

On avait inscrit au programme de la première section la question des *mesures diverses en vue de la répression des fraudes dans le commerce du lait* (du beurre et des autres dérivés du lait).

Des rapports sur ces divers sujets furent présentés par MM. Barthel (chef du Laboratoire bactériologique de la Compagnie Separator, Hamra, en Suède), Bauwens (agronome de l'État, Bruges), le Dr Bordas (sous-directeur du Laboratoire municipal, Paris), Boudeweel (instituteur, Purthy), Constant (inspecteur général des services sanitaires des animaux au Ministère de l'Agriculture, Paris), Dechambre professeur à l'École nationale d'agriculture, Grignon), de Raczkowski (chimiste principal au Laboratoire municipal, Paris), Gerber (chimiste, Zurich), Harckman (chimiste-bactériologiste, Tournai), Harrison (directeur du Laboratoire de bactériologie, à l'École d'agriculture d'Ontario, Guelph, Canada), le Dr Hoton (Ath), Lebrou (ingénieur, Lapanouse-de-Cernon, France), Lloyd (chimiste-conseil de « The British Dairy Farmers Association », Londres), Martel (inspecteur des services sanitaires des animaux au Ministère de l'Agriculture, Paris), Mullie (assistant à l'École vétérinaire, Cureghem-Bruxelles), Ruffin (chimiste expert, Tourcoing), Töth (chimiste en chef de la Station royale centrale de chimie, Budapest).

M. Barthel décrit la pasteurisation en Suède. Dans presque toutes les laiteries de ce pays, on pasteurise à 85 degrés le lait écrémé et la crème, ou bien le lait entier avant l'écrémage. Une température de 80 degrés pendant

deux minutes a été reconnue suffisante pour détruire le bacille de la tuberculose.

M. Bauwens fait remarquer que la richesse du lait débité dans les villes varie dans des limites très larges, ce qui offre des inconvénients, notamment pour l'alimentation des enfants. Il émet le vœu de voir mélanger tous les laits destinés à l'alimentation d'une même ville, afin d'obtenir un lait de composition sensiblement uniforme. Ce lait mélangé devrait, en outre, être stérilisé avant la livraison.

MM. Bordas, Constant, Martel, Dechambre et de Raczkowski exposent que, d'après les statistiques, 5 à 7 p. c. des vaches laitières sont atteintes de tuberculose mammaire, affection qui rend le lait particulièrement dangereux. Ils n'admettent pas qu'on puisse vendre du lait d'un animal atteint d'une affection quelconque, vu que l'on ne possède pas le moyen de vérifier si un lait a été stérilisé.

L'interdiction de la vente du lait écrémé, pour l'alimentation, doit être absolue. Le lait écrémé ne devrait être vendu que dans des boutiques spéciales ou après dénaturation par l'adjonction d'un colorant végétal.

Les laiteries devraient être soumises au double contrôle médical et vétérinaire.

M. Boudeweel demande que le programme de l'enseignement de l'agriculture à l'école primaire soit complété par un chapitre traitant du lait et que l'on institue des prix de propreté pour les personnes chargées du transport du lait aux laiteries.

M. Dechambre établit l'influence de l'alimentation et celle de la traite sur la composition du lait, indépendamment de l'influence de la race, de l'individualité et de l'état de santé de l'animal producteur.

Les graisses et les matières albuminoïdes de la ration aident à la formation de la graisse du lait. Le régime du pâturage exerce une influence favorable.

La traite doit être faite régulièrement, fréquemment, à

fond et, de préférence, diagonalement. Le lait de trois traites journalières est plus riche que celui de deux traites ; la traite de midi et celle du soir donnent un lait plus riche que celle du matin. Le lait de la fin d'une traite a généralement une richesse en beurre double de celle du lait recueilli au début de l'opération. La traite diagonale, portant simultanément sur un quartier antérieur et sur le quartier postérieur du côté opposé, donne un lait plus riche que la traite latérale, laquelle n'opère que sur la moitié du pis.

M. Gerber réclame une entente internationale pour la réglementation du commerce du lait et pour l'expertise de cette denrée.

M. Harckman décrit les altérations du lait par les saprophytes, par les zymogènes et par les microbes pathogènes, notamment ceux de la tuberculose, de la fièvre aphteuse, de la mammite, du charbon bactérien, de la fièvre typhoïde, de la rage, ainsi que ceux de la scarlatine, de la diphtérie et de la rougeole, plus rares dans le lait.

La tuberculose attaque environ 30 p. c. des bovidés.

Pour prévenir l'altération du lait et détruire les microbes, on recourt à la pasteurisation ou à la stérilisation. Cette dernière opération offre l'inconvénient de peptoniser la caséine, de caraméliser le sucre de lait et de détruire les ferments qui permettent l'autodigestion.

M. Harrison propose de limiter à 0,2 p. c. ou à 0,15 p. c. la proportion d'acide lactique dans le lait, et à 100 000 ou à 50 000 le nombre de bactéries par c. c.

M. Hoton traite de la stérilisation domestique.

L'ébullition simple offre l'inconvénient de décomposer partiellement les lécithines, de détruire les zymases et de modifier désagréablement le goût du lait. Elle ne met pas le lait à l'abri de la contamination par l'air.

On peut éviter ces inconvénients en se servant d'un appareil constitué par un bain-marie et une cruche à fer-

meture hermétique, munie d'un robinet de vidange et d'une soupape-filtre avec cavité remplie d'ouate, que l'on ouvre au moment de soutirer le lait. On fait bouillir le lait au bain-marie pendant 5 à 45 minutes, suivant que l'on veut conserver le lait pendant un temps plus ou moins long ; ou bien on se borne à faire bouillir l'eau du bain-marie, on y plonge la cruche à lait et on l'y laisse pendant une heure, puis on la porte au frais. Ce dernier mode opératoire donne du lait pasteurisé à 60-65 degrés, plus digeste, plus riche en lécithines et en zymases que le lait stérilisé à 98° par l'ébullition au bain-marie. Le lait ainsi pasteurisé garde une saveur de frais.

M. Lebrou recommande, pour éviter la contamination du lait, la recherche de procédés pratiques de traite mécanique et, en attendant, les lavages minutieux et le filtrage du lait.

Il préconise un mode spécial de filtrage, consistant à poser à la surface du lait, mis dans un récipient cylindrique, un linge à mailles serrées (une flanelle, par exemple) maintenu tendu par un cercle en fer qui épouse exactement la forme du vase, et à laisser le filtre descendre à travers le lait, de façon à obtenir sous ce filtre le dépôt des détritus. Le lait est alors soutiré par un robinet latéral.

M. Lloyd expose qu'en Angleterre on ne peut vendre de lait contenant moins de 3 p. c. de matières grasses et 8,5 p. c. de résidu dégraissé, à moins de prouver que ce lait est tel que l'a donné la traite. Il est d'avis que la loi devrait punir plus sévèrement le vendeur lorsqu'il est établi que le lait a été falsifié.

En ce qui concerne l'emploi d'agents de conservation, tels que l'acide borique et ses sels, les autorités compétentes de la Grande-Bretagne ne sont pas encore complètement d'accord.

M. Martel constate que les mammites tuberculeuses sont fréquentes en France dans l'espèce bovine : elles se

présentent, d'après les statistiques, dans 2 à 20 p. c. (en moyenne 6 à 12 p. c.) des cas de tuberculose généralisée.

L'inspection sanitaire des vacheries s'impose.

L'épreuve à la tuberculine est très recommandable.

L'examen bactériologique est également fort utile : il est seul capable d'établir le diagnostic dans certains cas de mammite tuberculeuse au début.

D'après M. Mullie, en Belgique, 40 à 50 p. c. des bêtes bovines tuberculinées ont fourni une réaction positive ; cette proportion a été de 20 p. c. en Danemark, de 42 p. c. en Suède, de 10 à 20 p. c. en France, de 26 à 30 p. c. en Angleterre. Parmi les bovidés atteints de tuberculose généralisée, 2 à 17 p. c., soit 5 à 10 p. c. en moyenne, sont atteints de tuberculose mammaire.

Le bacille de la tuberculose passe dans le fromage et le beurre et y conserve sa virulence pendant un temps plus ou moins long.

Le lait de vaches tuberculeuses paraît contenir, en outre, des toxines que le chauffage ne détruit pas et qui seraient susceptibles d'amener une intoxication lente et chronique de l'organisme.

M. Mullie passe ainsi en revue les diverses maladies des animaux.

Il estime qu'il faut prohiber absolument la vente de lait d'animaux atteints de tuberculose, de charbon bactéridien, de charbon bactérien, de pleuropneumonie, de peste bovine, de rage, de mammite, d'entérite hémorrhagique, de gastro-entérite et de maladies septicémiques graves ; mais que l'on peut autoriser la vente, après pasteurisation ou stérilisation, de lait provenant d'animaux atteints de stomatite aphteuse.

Pour le lait provenant de maisons où règnent le typhus, la diphtérie ou le choléra, il propose d'exiger la pasteurisation avant la livraison au commerce.

Il insiste sur la nécessité d'organiser partout l'inspection sanitaire des vacheries et laiteries. Pareils services

fonctionnent à Copenhague, à Stockholm, à Berlin, à Carlsruhe.

M. Ruffin proclame la nécessité de l'unification des méthodes d'analyse des denrées alimentaires et en particulier du lait.

M. Töth fait l'exposé de la législation hongroise sur le commerce des denrées alimentaires, et en particulier sur le commerce du lait. Il préconise la réduction des frais d'examen du lait, le contrôle de la production par l'autorité, l'attribution du monopole de la vente à des associations de producteurs, la défense de vendre le lait autrement qu'en boîtes fermées et plombées, l'élévation des pénalités, la publication des noms des falsificateurs.

Ont pris part à la discussion de ces questions, outre les rapporteurs, MM. Bonn (Lille), Graftiau (Louvain), Chauveau (Paris), Mathieu (Beaune), Mauge (Meudon), Raquet (Gembloux), Stubbe (Bruxelles), Montsarrat (Lille), Debarsy (Huy), Limbourg (Bruges), Esquenet (Bruges).

Au cours de la discussion, M. Reichert (Vienne) a présenté un nouvel appareil réfractométrique permettant de reconnaître l'état de santé d'un animal par l'examen du sérum du lait qu'il a produit.

Les conclusions suivantes ont été adoptées :

Il y a lieu de défendre la vente de lait provenant de bêtes atteintes d'affections rendant le lait nocif ;

Il importe notamment de soustraire de la consommation le lait provenant d'animaux atteints d'affections dont les germes ou leurs toxines passent dans le lait et le rendent nocif, telles que certaines formes de tuberculose, de stomatite aphteuse, certaines variétés de mammites, les affections charbonneuses, les maladies septiques, etc. ;

Il est à désirer que les bactériologistes et les hygiénistes étudient, le plus tôt possible, la nocivité du lait fourni par des animaux malades, ainsi que les moyens à

l'aide desquels on pourra rendre ce produit utilisable sans inconvénient pour l'homme ;

Le lait provenant d'animaux atteints de stomatite aphteuse doit être porté à l'ébullition dans les fermes et laiteries qui le vendent directement aux consommateurs. Toutefois, pour ceux qui possèdent un pasteurisateur bien conditionné, le lait peut être livré à la consommation après avoir été au préalable porté à une température de 85 degrés ;

Dans l'état actuel des choses, il est désirable que les sous-produits (lait écrémé et lait battu) des laiteries travaillant le lait en commun destinés à la consommation, subissent un traitement préalable les rendant inoffensifs ;

Il y a lieu d'interdire la vente de lait provenant de maisons où règnent des maladies contagieuses ou manipulé par des personnes se trouvant en contact avec des malades atteints d'affections dont les germes peuvent contaminer le lait. Il est à désirer que les bactériologistes et hygiénistes déterminent les conditions dans lesquelles ces laits pourraient être éventuellement livrés à la consommation ;

Il est à désirer que le programme de l'enseignement de l'agriculture à l'école primaire soit complété par un chapitre traitant de l'hygiène du lait ;

Il convient de recommander, de la manière la plus vive, l'application de toutes les mesures de propreté dans les manipulations du lait de la part des producteurs, des vendeurs et de leurs intermédiaires ;

Des instructions seront remises aux adhérents des laiteries où le travail se fait en commun, pour leur rappeler la façon dont la traite, le dépôt du lait dans les vases, le nettoyage de ces vases et le transport à la fabrique doivent être effectués ;

Il est désirable qu'on institue une inspection sanitaire et hygiénique des vacheries dont le lait est destiné à la consommation publique.

Au Congrès d'hygiène, le programme de la section d'hygiène alimentaire comprenait les questions suivantes :

Réglementation de la vente du lait destiné à l'alimentation ; étude des causes qui font varier la composition chimique du lait ; mesures à prendre pour empêcher la vente de laits trop pauvres en principes utiles ; organisation du contrôle ; méthodes analytiques à employer ;

Pasteurisation du lait : conditions à observer et procédés techniques à adopter pour détruire les microbes pathogènes du lait, sans compromettre la qualité et la valeur des produits.

La première de ces questions a été l'objet de rapports de MM. André (déjà cité), Bordas (directeur adjoint du Laboratoire municipal, Paris), Schaffer (chimiste cantonal, Berne), Van Engelen (professeur à l'Université, Bruxelles).

M. André fait un exposé succinct des mesures prises par le gouvernement belge en ce qui concerne la réglementation et la surveillance de la production et du commerce du lait.

Le lait écrémé ne peut être vendu en Belgique que dans des récipients portant une bande de couleur bleu foncé ; toutefois, pour le lait contenant encore au moins 1,5 gr. de matières grasses pour 100 c. c., la bande bleue peut être remplacée par une bande brun foncé.

Il est défendu de vendre du lait additionné d'eau ou de substances étrangères quelconques (telles qu'agents de conservation), du lait altéré, du lait provenant d'animaux atteints de maladies contagieuses ou infectieuses, à part le lait de vaches atteintes de fièvre aphteuse, qui peut être livré au commerce après avoir été soumis à l'action de la chaleur.

Le règlement ne fixe pas de minima de teneurs en matières fixes, matières grasses ou autres éléments constitutifs. Pour l'appréciation des résultats de l'analyse, les chimistes se basent sur la connaissance qu'ils ont des caractères normaux du lait dans les diverses régions du

pays, et dans les cas douteux, lorsque la chose est possible, sur les résultats de l'examen d'un échantillon de contrôle prélevé à l'étable.

M. Bordas se déclare partisan de l'interdiction générale et absolue de la vente de lait provenant d'animaux malades, sans exception pour le lait d'animaux atteints d'affections plus ou moins bénignes ni pour le lait chauffé, qui peut, malgré tout, contenir encore des toxines ou même des microgermes de maladies.

Il voudrait voir proscrire les aliments qui poussent à la polylactie, tels que les drèches de betteraves.

Enfin il propose d'interdire la vente de lait écrémé, de lait pauvre ou provenant d'une traite incomplète, si ce n'est dans des boutiques spéciales ou après dénaturation par l'adjonction d'une matière colorante d'origine végétale.

D'après M. Schaffer, les variations de la composition chimique du lait ont pour causes les facteurs les plus divers. Les variations les plus importantes sont celles de la teneur en graisse : dans les laits mélangés provenant de plusieurs vaches, elles peuvent, en vingt-quatre heures, atteindre parfois 1 p. c. ; cependant, lorsque la traite est faite correctement, elles dépassent rarement 0,5 p. c. Les variations les plus faibles sont celles du résidu sec dépouillé de graisse : elles n'excèdent pas d'ordinaire, d'un jour à l'autre, pour le lait mélangé, 0,3 p. c.

Pour les cas où il est impossible de prélever des échantillons de contrôle à l'étable, on peut, en Suisse, exiger une teneur en graisse d'au moins 3 p. c., un résidu sec d'au moins 11,5 et un résidu sec dégraissé de 8,5 ou tout au moins de 8 p. c.

M. Van Engelen estime qu'avant toute chose la richesse du lait dépend des aptitudes individuelles de l'animal producteur ; elle dépend aussi de la race de la bête et du temps écoulé depuis la dernière traite ; d'après des expériences faites par le rapporteur, l'alimentation n'aurait guère d'influence sur la composition du lait.

La teneur en graisse du lait peut, dans le courant d'une journée, varier du simple au double ; il en est de même, dans le courant d'une année, de la teneur moyenne journalière en graisse du lait des mêmes vaches. En général on observe peu de variations dans les quantités de lactose et de caséine des laits des différentes traites et des laits obtenus à quelques jours, voire même à quelques semaines d'intervalle. La proportion de matières minérales présente une fixité relative très grande.

Les règlements devraient toujours fixer, pour le lait entier et pour le lait écrémé destinés à l'alimentation publique, des minima de teneurs en matières nutritives.

Après une discussion, à laquelle prirent part MM. Ranwez (Louvain), Raquet (Gembloux), Jorissen (Liége), Chassevant (Paris),) Schamelhout (Ixelles), Budin (Paris), Thibaut (Lille), Ferdinand Jean (Paris), Delaye (Liége), Montsarrat (Lille), Constant (Paris), Bergé (Bruxelles), de Rotschild (Paris), Hansoulle (Verviers), Martel (Paris), Liebermann (Budapest), Dryon (Saint-Gilles), Gautrez (Clermont-Ferrand), Colson (Ixelles), Bastin (Huy), Dee (Londres), Wauters (Bruxelles), Maurel (Toulouse), Laho (Bruxelles), Sforza (Bologne), Van Hulst (Bruxelles), les conclusions suivantes furent adoptées :

Il est urgent d'organiser partout l'inspection sanitaire des vacheries par des médecins vétérinaires ;

Les administrations des communes où se tiennent les foires ou marchés au bétail ne devraient autoriser la traite des animaux exposés en vente que sous la surveillance des inspecteurs de ces marchés ;

On ne doit considérer comme lait et vendre comme tel que le lait entier, provenant de la traite complète et fourni par des vaches saines ;

Les sous-produits de l'industrie laitière, tels que le lait écrémé, demi-écrémé ou centrifugé, le lait pauvre, ne doivent pas être utilisés pour l'alimentation des nouveau-nés, des malades ou des vieillards ;

On ne devrait pouvoir les mettre en vente que dans des boutiques spéciales ou sous un signe distinctif particulier;

Les antiseptiques, conservateurs, etc., quels qu'ils soient, doivent être interdits pour la conservation du lait;

Il y a lieu de fixer dans chaque pays, pour les diverses régions, des minima de teneurs en principes utiles, en dessous desquels le lait ne peut être livré au commerce;

La section exprime le vœu de voir le prochain Congrès de chimie appliquée s'occuper de l'unification des méthodes d'analyse du lait.

La question de la pasteurisation du lait a été traitée dans des rapports de MM. Henseval (directeur de la Station laitière de l'État, Gembloux) et Mullie (assistant à l'École de médecine vétérinaire de l'État, Cureghem-Bruxelles), de M. le Dr de Rotschild (Paris), de MM. les Drs Russell (professeur à l'Université, Madison, Wisconsin) et Hastings (de la même Université), de M. le Dr Storck (professeur à l'École de médecine vétérinaire, Copenhague) et de M. le Dr Tjaden (directeur de l'Institut bactériologique, Brême).

MM. Henseval et Mullie établissent qu'il est nécessaire de soumettre à l'action de la chaleur, avant de le consommer, le lait dont on ne connaît ni l'origine ni les conditions de la production.

L'ébullition simple, à laquelle on recourt dans la pratique domestique, suffit généralement pour détruire les germes pathogènes qui peuvent se trouver éventuellement dans le lait, notamment le bacille de la tuberculose. En effet cette opération, quand on a soin de laisser refroidir le lait dans le récipient de chauffage, le lait séjourne à une température supérieure à 80 degrés pendant quinze minutes au moins. Il est à conseiller toutefois d'enlever la pellicule qui se forme à la surface du lait : des bacilles tuberculeux peuvent y être englobés et échapper à la

destruction par la chaleur ; d'ailleurs la température n'y atteint pas un degré aussi élevé.

La pasteurisation domestique d'après le procédé Soxhlet, consistant à chauffer le lait pendant environ quarante-cinq minutes au bain-marie, en éliminant l'air du récipient et conservant ensuite le lait à l'abri du contact de l'air, assure la destruction complète du bacille de la tuberculose. Par cette opération, le lait est moins altéré que par la cuisson simple, mais il n'est pas stérilisé et il faut le consommer dans les vingt-quatre heures pour ne pas laisser aux microbes qui ont résisté le temps de se développer.

La pasteurisation industrielle du lait s'effectue à des températures variant entre 70 et 85-90 degrés, en général pendant deux ou trois minutes seulement, dans des appareils spéciaux ; le lait est ensuite refroidi et embouteillé pour la vente. Mais, encore une fois, le lait ainsi traité, n'étant pas stérile, doit être consommé dans les vingt-quatre ou les quarante-huit heures au plus tard.

La stérilisation par chauffage discontinu à 100 degrés paraît difficile à réaliser. Il existe cependant dans le commerce des laits tout à fait stériles, qui se conservent indéfiniment et qui donnent toutes les garanties hygiéniques.

En laiterie, la pasteurisation est indispensable pour éviter la contamination de l'homme par le beurre et celle des animaux par le lait écrémé. En Belgique, on pasteurise séparément la crème et le lait écrémé. La pasteurisation de la crème se fait chez nous le plus souvent à 70 ou 75 degrés. Cette opération détruit un grand nombre de microbes, notamment celui de la tuberculose. La maturation de la crème est alors produite à l'aide d'ensemencements avec des cultures de ferment lactique.

M. de Rotschild nous fait connaître que la pasteurisation est appliquée en France à tous les laits entiers destinés à l'approvisionnement de Paris et à une partie des laits vendus en nature dans certaines grandes villes de

province ; aux laits distribués dans les « gouttes de lait », consultations de nourrissons, dispensaires, etc. ; à la crème fraîche destinée au marché de Paris ; au lait écrémé utilisé par certaines laiteries coopératives pour l'alimentation des veaux et des porcs.

La pasteurisation du lait destiné à l'approvisionnement des villes s'effectue moins dans le but d'aseptiser le lait que pour en assurer la conservation temporaire.

Pour éviter que les résultats de la pasteurisation ne soient annihilés par des pratiques frauduleuses, les laitiers en gros devraient compléter leur industrie par la vente directe de leur produit au consommateur.

MM. Russell et Hastings estiment qu'un procédé recommandable de pasteurisation est celui qui consiste à chauffer le lait à 60° pendant un quart d'heure en l'agitant.

L'agitation a pour effet d'empêcher la formation de la pellicule superficielle, à la faveur de laquelle les bactéries du lait conservent beaucoup plus longtemps leur vitalité.

En ne dépassant pas la température de 60° C., on évite la destruction des membranes des globules butyreux, destruction qui aurait pour conséquence de rendre l'écrémage plus difficile et de diminuer la consistance de la crème ; on évite également toute altération du goût ou de l'aspect du lait. D'autre part, cette température est suffisante pour détruire en quinze minutes les germes de la tuberculose, ceux de la fièvre typhoïde, ceux de la diphtérie et d'autres bacilles pathogènes ne produisant pas de spores.

M. Storck rappelle que c'est au Danemark que M. Fjord institua, en 1884, des expériences sur la pasteurisation du lait écrémé, en 1886 sur la pasteurisation de la crème, en 1889 sur la pasteurisation du lait entier en laiterie.

A partir de 1892, la pasteurisation du lait écrémé et de la crème se répandit rapidement dans les laiteries danoises. Peu adoptèrent la pasteurisation du lait entier,

opération qui aurait rendu impossible la fabrication du fromage par les procédés ordinaires, qui aurait occasionné une légère diminution du rendement en beurre, qui aurait exigé plus de surveillance pour éviter le goût de cuit et qui aurait donné lieu au dépôt d'une plus forte quantité de boue dans les centrifuges.

La pasteurisation fut d'abord pratiquée à la température de 65-70 degrés, dans le but principal d'assurer la conservation du lait écrémé et d'améliorer la qualité du beurre. A partir de 1898 une loi rendit obligatoire dans les laiteries la pasteurisation de la crème et du lait écrémé ; on éleva la température à 85 degrés, à l'effet de tuer sûrement le bacille de la tuberculose, d'après les expériences de M. Bang.

M. Storck avait démontré qu'au moyen d'eau oxygénée et de paraphénylène-diamine, on peut facilement reconnaître si un lait ou une crème ont été pasteurisés à 85 degrés au moins.

M. Tjaden reconnaît que le chauffage pendant une à deux minutes à la température de 85 degrés suffit pour tuer tous les microbes pathogènes importants au point de vue pratique ; mais il fait remarquer que le lait ainsi traité est difficile à utiliser pour la fabrication du fromage dur. Le lait chauffé pendant une heure à 60-65 degrés conserve toutes ses propriétés. Mais ce chauffage suffit-il pour tuer les microbes pathogènes ? Les recherches faites sur ce point ne permettent pas encore une conclusion définitive.

Après une discussion dans laquelle sont intervenus MM. Cordier (Bruxelles), Schamelhout (Ixelles), Perroncito (Turin), Leclainche (Toulouse), Ranwez (Louvain), Gedoelst (Bruxelles), Raquet (Gembloux), Constant (Paris), Stubbe (Bruxelles), Bastin (Huy), Verbruggen (Gand), Hoton (Ath), Willem (Gand), Okiuneff (Saint-Pétersbourg), les conclusions suivantes ont été adoptées :

Un lait dont on ne connaît ni l'origine ni les conditions

de production doit être considéré comme dangereux pour l'alimentation publique et il est nécessaire de le soumettre à l'action de la chaleur avant de le consommer ;

Le chauffage opéré dans des conditions spéciales peut lui enlever son pouvoir pathogène éventuel, sans nuire sensiblement à sa valeur alimentaire ;

L'ébullition simple détruit sûrement les microbes tuberculeux, qui sont les plus résistants parmi les germes pathogènes ordinaires du lait. Il est utile de laisser refroidir le lait dans le récipient de chauffage et d'enlever la pellicule qui se forme à la surface ;

La méthode de Soxhlet et la pasteurisation industrielle peuvent assurer la destruction des microbes tuberculeux du lait, mais elles ne le stérilisent pas. Il est nécessaire de consommer ce lait dans les vingt-quatre heures qui suivent l'opération ;

La stérilisation du lait, relativement rare en pratique, donne de bonnes garanties hygiéniques pour la consommation publique de cette boisson, lorsque les conditions relatives à l'état sanitaire des animaux producteurs et à leur alimentation ont été observées ;

La pasteurisation dans les laiteries qui travaillent le lait en commun est nécessaire et indispensable ;

Plusieurs appareils permettent, sans inconvénients graves, de tuer les germes pathogènes du lait entier, du lait écrémé et de la crème par la pasteurisation à 85° ;

Toutefois, pour la crème, il serait désirable de soumettre la question à de nouvelles expériences.

D'autre part la fabrication du fromage dur avec du lait ainsi traité n'a pas donné jusqu'ici de résultats satisfaisants ;

La section émet le vœu de voir poursuivre des expériences à l'aide d'appareils usités en laiterie, dans le but de préciser les conditions techniques de la destruction des

germes pathogènes par le chauffage à des températures voisines de 65°.

La section a entendu une communication de MM. les Drs Miele (assistant à l'Université, Gand) et Willem (chef des travaux pratiques à l'Université, Gand) sur *un procédé et des appareils employés pour obtenir pratiquement du lait cru aseptique* se conservant plusieurs jours sans s'altérer.

Ce procédé comprend la mise en état aseptique de la vache à traire, la récolte du lait dans un vase stérilisé, rempli d'air stérilisé, et le transvasement à l'abri de l'air dans des bouteilles stérilisées.

MM. les docteurs Tournay (Bruxelles) et Ausset (Lille) ont fait une communication concernant *un appareil de pasteurisation domestique* pour le lait destiné à l'alimentation des nourrissons.

M. Wittmer (ingénieur agricole) a présenté une note relative à *l'influence de la pegnine sur la digestion du lait.* Ce ferment forme avec le lait de vache un coagulum de caséine, qui par une forte agitation se réduit en fins grumeaux, analogues à ceux que donne le lait de femme dans l'estomac de l'enfant, facilement attaquables par le suc gastrique du nourrisson.

Pour terminer, en ce qui concerne le lait, notons que la section d'hygiène administrative du Congrès d'hygiène, sur des rapports de M. le Dr Budin (professeur à la Faculté de médecine, Paris), de M. le Dr Clerfayt (secrétaire de la Commission médicale, Mons), de M. le Dr Heubner (conseiller intime de médecine, professeur à l'Université, Berlin), de M. le Dr Knoepfelmacher (Privatdocent à l'Université, médecin en chef de l'Hôpital des enfants « Caroline », Vienne), et de M. le Dr Praustnitz (professeur à l'Université, Gratz), a émis le vœu de voir établir, dans toutes les localités importantes, des *consultations pour nourrissons avec distribution de lait stérilisé.*

Au Congrès de chimie appliquée, M. Lindet (professeur

à l'Institut national agronomique, Paris) a fait un rapport sur la *conservation des échantillons de lait destinés à l'analyse*. Sa proposition d'employer à cet effet du bichromate potassique ou de la formaline a été adoptée.

Au même Congrès, M. Smith (du bureau de chimie du Département de l'Agriculture, Londres) a présenté une note sur le *dosage de la formaline dans le lait*.

BEURRE

Le Congrès de laiterie avait inscrit à son programme les questions suivantes, relatives aux moyens de combattre les fraudes dans le commerce du beurre :

1. Obligation d'additionner de substances révélatrices toutes graisses ayant subi une manipulation qui facilite leur incorporation au beurre ou qui rende difficile la constatation de leur présence dans le beurre ;

2. Interdiction de la vente de beurres offrant des caractères identiques à ceux que présentent généralement les beurres falsifiés par une proportion notable de matières grasses étrangères ;

3. Publication régulière, aux fins de prise en considération par les experts, des résultats d'une enquête permanente et internationale sur les caractères des beurres naturels des diverses régions productrices ; obligation pour les vendeurs de faire constater l'origine et la date de la préparation des beurres ;

4. Mesures diverses pour combattre la falsification du beurre.

Des rapports ont été présentés par MM. Berger (secrétaire général de la Laiterie Belge, Enghien) ; Besana (directeur de la Station royale laitière, Lodi, Italie) ; Bonn (directeur du Laboratoire municipal, Lille) ; Chapuis (assistant-commissaire fédéral de l'Industrie laitière, Saint-Denis, province de Québec, Canada) ; Colard Bovy (secré-

taire général de la Société nationale de laiterie, Bruxelles); Coudon (chef des travaux chimiques à l'Institut agronomique, Paris); De Guide (assistant au Laboratoire d'analyses de l'État, Louvain); Evéquoz (chimiste cantonal, Fribourg, Suisse); Gotusso (directeur du « Controllo chimico permanente italiano », Gênes); Grimm (directeur de la Station laitière, Rotholz, Autriche); Hoffer (conseiller de laiterie, Oblat, Autriche); Lloyd (chimiste conseil de « The British Dairy Farmers Association », Londres); Marcas (professeur à l'Institut agricole de l'État, Gembloux); Martiny (publiciste agricole, Berlin); Mesdag (conseiller de laiterie et directeur de l'Institut de contrôle pour le beurre, Leeuwarden); Ruffin (chimiste-expert, à Tourcoing); Silz (secrétaire général de l'Association des chimistes de sucrerie et de distillerie, Paris); Swaving (directeur de la Station agronomique de l'État, Goes); Van Ryn (Friesland's Agricultural Commissioner for Great Britain and Ireland, Ealing W, Angleterre); le Dr Wauters (chimiste adjoint de la ville, Bruxelles); le Dr Wysman (professeur à l'Université, Leyde); et Michiels Van Kessenich (vice-président du « Zuid-Nederlandsch Zuivelbond » et membre de la Première Chambre des États-Généraux, Nuth, Limbourg).

M. Berger estime que les pouvoirs publics ont le droit de prohiber la vente des beurres dont les caractères, sans révéler avec certitude la falsification ou l'altération grave, s'écartent de ceux de la généralité des beurres purs.

Il émet le vœu de voir les gouvernements prendre des mesures pour arriver à l'uniformisation des méthodes et appareils employés pour la recherche des falsifications des beurres.

M. Besana est partisan de l'obligation d'ajouter de l'huile de sésame et de la fécule à toutes margarines et à tous produits similaires, sans exception aucune en faveur de produits ayant telle ou telle destination spéciale. Il

recommande de ne permettre que l'emploi d'huile de sésame contrôlée.

Il propose aussi d'interdire la coloration de la margarine en jaune.

Il estime que l'obligation pour les vendeurs d'indiquer l'origine et la date de la préparation des beurres serait une mesure très gênante que l'on ne peut imposer et que l'on doit se borner à recommander.

Il insiste sur la nécessité d'une bonne organisation d'un service d'inspection.

M. Bonn réclame une entente internationale pour l'addition de substances révélatrices à la margarine. Il est d'avis que l'on doit interdire l'importation de beurres de pays n'ayant pas adopté ce système.

Il propose aussi de procéder à une enquête et de poursuivre une entente internationale sur les garanties de pureté à exiger des beurres par une loi, ainsi qu'au sujet de la proportion d'eau à tolérer dans ces denrées.

M. Chapuis demande que l'on fixe à 16 p. c. la proportion de non-beurre.

M. Colard Bovy voudrait voir instituer dans chaque région, sur la composition des beurres, une enquête permanente dont les résultats puissent être pris en considération par les experts. Toutefois il est d'avis que l'on doit fixer des minima de garanties de pureté à l'analyse, pour les beurres qui ne seraient pas revêtus d'un cachet appliqué par un organisme sérieux et attestant l'origine et la pureté de ces denrées.

Il considère également comme indispensable, dans l'état de choses actuel, de se mettre d'accord pour faire décréter dans tous les pays l'addition d'une même matière facilement décelable à la margarine et aux autres graisses qui peuvent être incorporées au beurre.

M. Coudon est partisan de l'obligation d'ajouter des substances révélatrices à la margarine et de la défense

d'importer des beurres de pays où cette mesure ne serait pas appliquée.

A défaut de cette défense, il faut fixer des minima de garanties à l'analyse, sans s'inquiéter de savoir si parfois tel beurre naturel ne sera pas interdit.

Sans doute la composition des beurres varie beaucoup suivant la race de la vache, l'alimentation, la saison, etc. Mais, au cours d'une mission effectuée en Hollande avec M. Rousseaux, en 1899, il a constaté que des beurres présentant des caractères qui s'écartaient notablement de ceux de la généralité des beurres purs, avaient été produits dans des conditions défectueuses.

La proportion d'eau dans le beurre pourrait être limitée à 17 p. c.

M. De Guide expose une nouvelle méthode de recherche des matières grasses étrangères dans le beurre.

Le beurre est émulsionné à la température de 37 1/2 degrés dans du lait écrémé neutre et l'émulsion est filtrée sur un tamis en cuivre à mailles de $0^{mm},08$, de préférence après chauffage à 63° et refroidissement à 10°. En cas de falsification, le résidu restant sur le tamis contient des fragments de matière grasse non émulsionnés et des cristaux de palmitine. Le beurre rance et le beurre fondu restent également sur le tamis.

M. Evéquoz estime qu'une entente internationale devrait intervenir pour rendre obligatoire l'addition de substances révélatrices à la margarine et à toutes graisses ayant subi une manipulation qui facilite leur incorporation au beurre ou qui rende difficile la constatation de leur présence dans le beurre.

M. Gotusso expose le système du « contrôle permanent », dans lequel des industriels et des commerçants paient une prime annuelle à des chimistes pour la vérification et la garantie de la pureté de leurs produits.

M. Grimm propose de rendre obligatoire la coloration de la margarine en bleu, en vert ou en rouge.

M. Hoffer propose d'émettre le vœu suivant : Tout emploi de la dénomination de « beurre » pour désigner des graisses alimentaires autres que celle dérivant du lait, ou pour désigner des succédanés, quelle que soit leur provenance, doit être interdit par la loi. Les dénominations impropres de beurre artificiel, beurre de margarine, beurre de fruit, beurre de coco, seront donc extirpées du langage.

M. Lloyd demande que l'on procède à une enquête sur les fluctuations de la composition des beurres dans les divers pays et que les résultats de cette enquête soient publiés régulièrement.

La loi anglaise fixe à 16 p. c. la proportion maximum d'eau à tolérer dans le beurre.

M. Marcas est d'avis qu'il y a lieu de fixer à 18 p. c. le maximum de non-beurre admissible dans le beurre.

Une proportion plus forte, dans une fabrication normale, ne se présente qu'exceptionnellement et à la suite d'un travail peu soigné.

M. Martiny estime qu'il faudrait interdire la fabrication industrielle de produits imitant le beurre et consistant en mélanges de graisses avec du lait et du colorant.

M. Mesdag propose 16 p. c. comme limite de la proportion d'eau dans le beurre. Cette limite a été admise en Angleterre (décret du 22 avril 1902) ainsi qu'en Allemagne pour le beurre salé, le beurre non salé pouvant en contenir 18 p. c. (décision fédérale du 1er mars 1902).

M. Ruffin émet le vœu de voir unifier les méthodes d'analyse du beurre.

M. Silz approuve la mesure consistant à rendre obligatoire l'adjonction d'huile de sésame et de fécule à la margarine et aux graisses alimentaires servant à la fraude. Il propose d'y ajouter, au besoin, une troisième substance révélatrice, telle que la phénolphtaléine.

M. Swaving allègue que la mesure consistant en l'obligation d'ajouter des substances révélatrices à la margarine et aux graisses analogues, ne saurait être rendue

applicable à toutes les graisses pouvant servir à la falsification.

Il trouve le système de fixation de caractères-limites de pureté insuffisant et injuste, les caractères des beurres variant dans des limites très larges, d'après l'alimentation, le climat, la qualité du pacage et de l'eau potable, le traitement du bétail, la lactation, etc.

Il émet le vœu que, par entente internationale, il soit imposé au vendeur l'obligation d'établir la pureté du beurre au moyen d'un certificat d'origine, en s'arrangeant de façon à ce que ce certificat garantisse d'une manière absolue l'authenticité de la denrée.

M. Van Ryn prétend que l'obligation d'ajouter à leur produit des substances révélatrices est gênante pour les fabricants de margarine. Il considère la mesure comme insuffisante, parce qu'elle n'est pas applicable à toutes graisses.

Quant au système de fixation de minima de garanties de pureté à l'analyse, il le trouve irrationnel : on doit pouvoir vendre comme beurre toute matière grasse extraite du lait, bien que ses caractères varient d'après la saison, la période de lactation, l'alimentation, la race de bétail, etc. Au reste, les limites favorisent la fraude et peuvent rendre suspect du beurre pur.

Il préconise le développement de l'institution des stations de contrôle, à l'instar de celles qui existent dans les provinces de Drenthe, Over-Yssel, Frise, Limbourg, Brabant septentrional, Brabant méridional et bientôt dans celle de Groningue, et dont il décrit l'organisation.

Il propose d'instituer une commission internationale pour rechercher :

1° Quelles sont les conditions que doit remplir un établissement de contrôle pour fournir les garanties voulues au sujet des beurres provenant des lieux de fabrication soumis à son inspection ;

2° Quels sont les caractères que doit présenter un

beurre à l'analyse physico-chimique pour pouvoir être considéré comme pur.

Ces caractères seraient exigés des beurres non garantis purs par un établissement de contrôle.

M. Wauters estime que l'addition de substances révélatrices aux graisses servant à la falsification du beurre peut être imposée, pourvu que cette addition ne nuise pas aux propriétés organoleptiques de ces graisses et ne rende pas celles-ci suspectes au consommateur.

Il est nécessaire que tous les pays introduisent, dans les lois qui régissent le commerce du beurre et de la margarine, l'obligation de cette addition ; il est désirable que les substances à imposer soient les mêmes dans tous les pays.

Le mélange d'huile de sésame et de fécule déshydratée et huilée, répond aux desiderata auxquels doivent satisfaire les substances dont il s'agit.

Il est nécessaire que la loi interdise l'emploi, dans la fabrication du beurre, de produits contenant des substances dont l'addition à la margarine est prescrite.

L'addition de substances révélatrices doit être imposée non seulement pour la margarine proprement dite, mais encore pour toutes graisses et tous mélanges de graisses qui, par leur structure non cristallisée, sont propres à falsifier le beurre.

Il est à désirer qu'une conférence internationale soit réunie à bref délai pour discuter toutes ces questions et s'entendre sur un règlement uniforme pour tous les pays.

M. Wauters n'est pas partisan de la fixation de caractères-limites de pureté, parce qu'on rencontre parfois, à certains moments de l'année, en Belgique comme dans d'autres pays, d'assez fortes proportions de beurres présentant des caractères anormaux.

Au point de vue international il préfère le système du projet de loi français, dans lequel serait interdite l'entrée de beurres provenant de pays où les margariniers ne sont

pas tenus d'incorporer à leurs produits des matières facilement reconnaissables.

MM. Wysman et Michiels Van Kessenich allèguent à leur tour que l'addition de substances révélatrices à la margarine est une mesure insuffisante. Ils ajoutent qu'elle complique la tâche de l'expert, et qu'elle comporte une surveillance coûteuse. Ils prétendent que les stations de contrôle sont à même de garantir la pureté du beurre en constatant son origine, et ils préconisent l'organisation de telles stations de contrôle sous la surveillance de l'État.

Ces opinions furent longuement discutées entre les divers rapporteurs, avec l'intervention de MM. Tart (Liége), de Bruyn (Leeuwarden), Vroonen (Charleroi), Chambeau (Prenzlau), Van Schelle (Beaumont), Verheggen (Buygemune, Limbourg hollandais), baron della Faille (Huysse), Henseval (Gembloux), Bruylants (Louvain), Sjollema (Groningen), Vanderzande (Hoorn), Mauge (Meudon), Deschaepdryver (Malines), Lonay (Mons), Debarsy (Huy), Troude (Paris), De Caluwe (Gand), Grognard (Bruxelles), Perrin (Paris), Töth (Budapest), Long (Cudworth, Angleterre).

Les conclusions suivantes furent adoptées :

Il y a lieu de prescrire l'addition de substances révélatrices à toutes graisses qui servent à la falsification du beurre ;

Il ne convient pas d'interdire la vente de beurres offrant des caractères identiques à ceux que présentent généralement les beurres falsifiés par une proportion notable de matières grasses étrangères ;

L'institution de stations de contrôle placées sous la surveillance de l'État est recommandable pour combattre la fraude dans le commerce du beurre ; mais cette institution, à elle seule, est insuffisante ;

Il y a lieu de fixer une limite à la proportion de non-beurre (eau, caséine, lactose) dans le beurre ;

Il doit être interdit de faire usage, dans le commerce des

succédanés du beurre et des autres graisses alimentaires, de la dénomination de « beurre » pour désigner un produit autre que celui provenant du barattage du lait ;

Le Congrès émet le vœu de voir le Gouvernement belge prendre l'initiative de la réunion d'une conférence internationale, en vue d'arrêter les bases d'une réglementation uniforme du commerce du beurre et de la margarine dans tous les pays ;

Il émet également le vœu que l'on porte au programme du prochain congrès la question suivante : Les nations ayant adopté l'obligation d'additionner de substances révélatrices toutes graisses ayant subi une manipulation qui facilite leur incorporation au beurre ou qui rende difficile la constatation de leur présence dans le beurre, doivent-elles prohiber l'importation des beurres provenant de pays n'ayant pas édicté cette mesure ?

La seconde section du Congrès de laiterie avait, comme on l'a vu, à son programme : Mesures diverses tendant à assurer la salubrité du lait et de ses dérivés.

Un rapport fut présenté par M. de Loverdo (directeur de la Société lyonnaise d'alimentation, Lyon) sur les *applications du froid au transport du beurre*. Il conclut en émettant le vœu de voir favoriser l'emploi de ce moyen de conservation.

M. Ferdinand Jean a fait une communication tendant à la *tolérance d'une minime quantité de fluorure sodique pour la conservation du beurre*.

Sur la proposition de la troisième section du Congrès de laiterie, il a été fondé une *Fédération laitière internationale* ayant pour but de favoriser les intérêts de l'industrie laitière, notamment en prenant l'initiative de propagande en faveur de mesures législatives pour assurer l'hygiène des produits laitiers et enrayer la fraude dans le commerce de ces produits. M. le baron Peers de Nieuwburg a été nommé président de cette fédération.

Au Congrès de chimie appliquée, section de chimie agricole, M. Sjollema (Groningen) a parlé des *anomalies que présente parfois la composition des beurres*, notamment en Hollande.

D'après lui, lorsque les vaches paissent des fourrages pauvres en principes hydrocarbonés facilement digestibles, ce qui se présente pendant la période sèche, c'est-à-dire en automne, le beurre qu'elles produisent est toujours très pauvre en acides gras volatils, en même temps que s'élève l'indice réfractométrique.

SAINDOUX ET GRAISSES DIVERSES

M. le Dr Bömer (Station agronomique, Münster) a fait au Congrès de chimie appliquée une communication sur la *recherche des graisses végétales dans les graisses animales* et notamment dans le saindoux et le beurre. L'auteur préconise le procédé basé sur la séparation de la phytostérine des graisses végétales et de la cholestérine des graisses animales et sur la formation des éthers acétylés de ces corps à fonction alcoolique.

M. le Dr Hehner (analyste public, Londres) a présenté un rapport sur l'état actuel de la question de l'*analyse des matières grasses*.

FARINES

M. le Dr Kosutany (professeur, Magyar-Ovar, Hongrie) a fait part à la section des denrées alimentaires, au Congrès de chimie appliquée, du résultat de ses *études sur la farine du froment* et en particulier sur le gluten contenu dans cette farine. C'est de la proportion et de la composition de ce gluten que dépendent surtout les qualités des farines.

PAIN

M. le Dr Belli (médecin de la marine, Venise) a fait au Congrès d'hygiène une communication sur le *pain du matelot au point de vue bactériologique.*

Le pain et le biscuit sortent stérilisés du four. Leur contamination ultérieure résulte presque exclusivement de moisissures. Ces denrées, contenant peu d'eau, sont un milieu nutritif peu favorable au développement des microbes en général; les bactériacées sont, en outre, contrariées dans leur développement par la forte acidité du pain et du biscuit.

Dans les conditions ordinaires, pour protéger le pain contre les causes communes de contamination, il suffit de bonnes règles de nettoyage dans les boulangeries et dans le transport du pain et de sa conservation dans des lieux propres, aérés et frais.

Pour assurer une bonne conservation du biscuit sur les navires, il faut le tenir à basse température, dans un endroit sec et à l'abri des microbes, par exemple dans des boîtes en tôle de zinc que l'on stérilise chaque fois qu'on les remplit.

SUCRES

A la section sucrière du Congrès de chimie appliquée, les travaux de la Commission internationale pour l'unification des méthodes d'analyse des sucres ont fait l'objet d'une communication de M. le Dr Herzfeld (professeur, Grunewald) et d'une longue discussion. La Commission continuera l'étude des questions en litige, notamment de celle de l'unification des échelles saccharimétriques et de l'adoption d'une échelle à poids normal de 20 grammes, traitée dans un rapport de M. Dupont (ingénieur chimiste, Paris).

VINS

La question de l'*analyse des vins* à fait, à la section des denrées alimentaires du Congrès de chimie appliquée, l'objet d'un rapport de M. Bajic (directeur de la Station de recherches chimiques, Belgrade), ainsi que de communications de M. le Dr Partheil (professeur, Bonn) et de M. le Dr Szilagyi (Privatdocent, Budapest).

Il s'ensuivit une longue discussion à laquelle prirent part MM. Fresenius (Wiesbaden), Windisch (Geisenheim), Lohmann (Friedenau), Wolff (Berlin) et Janke (Brême). La conclusion a été que l'on doit se montrer très prudent dans l'appréciation des résultats de l'analyse, certains vins pouvant, à la suite de maladies de la vigne ou de conditions atmosphériques anormales de maturation des raisins, présenter, tout en étant naturels, une composition chimique anormale.

M. Mastbaum (Lisbonne) a présenté à la même section une communication relative à la *présence naturelle d'acide salicylique dans le raisin et dans le vin*. Il a rappelé que M. Murtrie et M. Windisch avaient déjà trouvé de l'acide salicylique dans les groseilles et les fraises.

SPIRITUEUX

M. le Dr Vandevelde (directeur du Laboratoire de la ville, Gand) a fait au Congrès de chimie appliquée, section des denrées alimentaires, une communication sur la méthode plasmolytique imaginée par lui pour l'*appréciation de la toxicité des alcools supérieurs et des essences* que contiennent les boissons spiritueuses.

Il soumet des cellules vivantes de l'oignon rouge du Brunswick à l'influence de ces matières toxiques et il

apprécie cette influence par l'observation des phénomènes de la plasmolyse sur ces cellules.

Il a ainsi reconnu que chez les alcools monoatomiques, la toxicité augmente avec le poids moléculaire, ainsi que divers observateurs l'avaient déjà constaté par d'autres moyens. Il a établi, en outre, qu'en général la toxicité est doublée par la dissolution dans l'alcool éthylique, et qu'elle va augmentant pour les groupes de corps ci-après dans l'ordre de leur énumération : alcools, éthers, terpènes, kétones, aldéhydes, phénols. Les alcools supérieurs (propyliques, butyliques, amylique) sont de deux à huit fois plus toxiques que l'alcool éthylique ; les diverses essences, de deux à cent fois et même davantage.

MM. Mastbaum (Lisbonne), Quantin (Le Havre) et André (Bruxelles) ont pris part à la discussion. On en a conclu que la méthode est fort intéressante et pleine de promesses.

Des rapports sur l'*analyse des eaux-de-vie* ont été présentés au même Congrès par M. Rocques (chimiste-expert, Paris) et M. le Dr Windisch (Geisenheim).

M. Rocques passe en revue les méthodes d'analyse. Il propose d'adopter les méthodes de dosage par fonctions ou groupes : acides, aldéhydes, éthers, alcools supérieurs, furfurol. Il recommande, pour le dosage des alcools supérieurs, le procédé colorimétrique à l'aide de l'acide sulfurique après élimination des aldéhydes. Il estime qu'il est logique d'évaluer les alcools supérieurs en alcool amylique, qui est l'alcool supérieur dominant dans les spiritueux.

M. Windisch fait ressortir l'insuffisance des méthodes actuelles pour une expertise sûre et complète.

Au cours de la discussion, à laquelle prirent part MM. Mastbaum (Lisbonne), Quantin (Le Havre), Fresenius (Wiesbaden), Barbet (Paris), André (Bruxelles), Vandevelde (Gand), Schacherl (Vienne), Bajic (Belgrade), Sonne (Darmstadt), il fut entendu qu'à l'avenir on renoncerait à appeler « impuretés » les corps qui se trouvent naturelle-

ment dans les eaux-de-vie à côté de l'alcool éthylique ; l'expression « produits secondaires » a été adopté pour désigner ces corps. Il a été admis, d'autre part, qu'une diminution de la proportion de produits secondaires correspond le plus souvent à un amoindrissement de la qualité des eaux-de-vie naturelles ou à une addition d'alcool industriel bien raffiné.

On a renouvelé le vœu, déjà adopté par le Congrès de Paris en 1896, qu'il soit fixé un maximum à la teneur en produits secondaires des spiritueux naturels. On a émis l'avis qu'il n'y a pas lieu de fixer un minimum pour la proportion de ces produits, pareille disposition étant contraire à l'hygiène, insuffisante à empêcher l'addition d'alcool d'industrie aux eaux-de-vie naturelles et défavorable au progrès de l'industrie des fermentations.

Au Congrès d'hygiène, M. le Dr Gréhant (professeur de physiologie générale au Muséum d'histoire naturelle, Paris) a fait une communication sur les *effets de l'injection d'alcool, à des doses diverses, dans l'estomac ou dans le sang d'un animal.* L'alcool injecté dans l'estomac s'accumule dans le sang et les tissus. Ce n'est qu'après vingt à vingt-deux heures qu'on n'en retrouve plus dans le sang. Si l'alcool brûle dans l'organisme, ce n'est donc que lentement.

EAUX ALIMENTAIRES

Établir, au point de vue de l'hygiène, les conditions que doivent remplir les eaux issues des terrains calcaires.

Cette question, portée au programme de la section de technologie sanitaire du Congrès d'hygiène, a fait l'objet de rapports de MM. Howe (conservateur du Musée de géologie pratique, Londres), Martel (spéléologue, Paris), Nicolis (Vérone), Woodward (« Geological Survey of England », Londres), Janet (ingénieur en chef au Corps des

mines, Paris), Schadt (professeur de géologie à l'Académie, Neuchâtel), Van den Broeck, (secrétaire général de la Société de Géologie, de Paléontologie et d'Hydrologie, Bruxelles).

M. Howe s'étend sur la composition chimique des eaux du calcaire carbonifère.

M. Martel proclame que les eaux issues de terrains calcaires sont la plupart du temps dangereuses, toujours suspectes. Ce ne sont, en général, que des résurgences d'eaux englouties par les fissures de la roche ; et ces fissures ne sont qu'exceptionnellement et incomplètement colmatées par des sables ou argiles de remplissage pouvant jouer le rôle de filtre.

Il n'y a pas à ce point de vue de distinction à faire entre les calcaires des divers âges géologiques : précambriens, dévoniens, carbonifères, jurassiques, crétacés, éocènes, oligocènes.

On ne peut admettre, pour l'alimentation, les eaux issues du calcaire que si tout le bassin est inhabité et inculte, ou recouvert de forêts, ou revêtu de dépôts meubles suffisamment épais pour être filtrants. Dans les autres cas, on ne doit les utiliser qu'après étude approfondie et s'il est impossible d'en employer d'autres.

M. Nicolis passe en revue les principales sources utilisées en Italie pour les distributions d'eau et sortant des calcaires.

Dans les calcaires dolomitiques du trias et dans les calcaires jurassiques, l'eau circule par les fractures de la roche.

Dans le calcaire crétacique, l'eau se présente en filets entrecroisés.

Dans le calcaire éocène, elle coule parfois dans des fractures : parfois elle imprègne les pores de la roche ou elle circule dans des réseaux de diaclases capillaires.

Lorsque l'eau suit des canaux ouverts, il est indispensable que le bassin d'alimentation soit peu habité et que

l'eau, avant de sortir à la lumière, ait à traverser des couches épaisses de terrain.

M. Woodward s'occupe des eaux des calcaires jurassiques. Ces calcaires sont en général poreux et fissurés ; l'eau circule librement à travers leurs strates. Il n'y a guère d'exception qu'en ce qui concerne le lias inférieur (hettangien et sinémurien) et le purbeckien (étage postérieur au portlandien).

D'après M. Janet, les conditions qu'on doit rechercher pour une source sortant de terrains calcaires sont les suivantes : 1° absence de variations brusques dans le débit ; 2° faibles variations de température ; 3° degré hydrotimétrique constant et relativement élevé ; 4° périmètre d'alimentation s'étendant sur une région boisée ou tout au moins peu habitée ; 5° absence de cours d'eau à pertes dans le périmètre d'alimentation.

Les principaux travaux à effectuer pour obtenir une eau de bonne qualité sont les suivants : *a)* captage allant prendre l'eau dans le calcaire en place ; *b)* obstruction artificielle des bétoires, lits poreux et puisards, s'il en existe.

Une fois la source mise en service, elle doit continuer à être surveillée de près aux points de vue suivants : *a)* analyses chimiques et bactériologiques fréquentes ; *b)* surveillance géologique concernant la formation dans le périmètre de bétoires nouveaux, susceptibles d'amener à la nappe souterraine des eaux contaminées n'ayant pas subi une filtration suffisante, et l'établissement de puisards absorbant des eaux usées, ménagères ou industrielles ; *c)* surveillance médicale assurant la déclaration des maladies susceptibles de se propager par l'eau, et l'organisation de mesures de désinfection.

M. Schardt expose les circonstances qui, en Suisse, influent sur les caractères des sources issues des calcaires secondaires et tertiaires.

Si la masse de terrain tout entière, depuis la surface

absorbante jusqu'à la source, est exclusivement calcaire et en même temps dénudée, c'est-à-dire privée de végétation, les sources présenteront l'inconvénient d'une extrême variabilité de volume et de température, due à la rapidité du parcours des eaux à travers les fissures du calcaire élargies par la corrosion. Si une telle surface absorbante est peuplée, les sources qu'elle alimente seront nécessairement contaminées.

S'il existe une couche végétale continue, et surtout si cette couche est forestière, elle fonctionne comme filtre et régulateur suffisants, même si la surface est parsemée çà et là d'habitations.

Dans le cas où le massif calcaire est recouvert d'un sédiment filtrant argilo-sableux, graveleux, gréseux ou autre, les sources présentent un débit très régulier, une température presque invariable et une pureté parfaite.

Néanmoins il peut arriver que l'intervention d'eaux superficielles par pénétration en grand modifie entièrement la situation en ramenant les sources à l'état de résurgences.

Certaines sources, après leur émergence du calcaire, subissent une filtration en passant à travers des terrains quaternaires susjacents.

Enfin certaines roches marno-calcaires et certaines alternances de calcaire argileux ou siliceux avec des schistes calcaires possèdent par elles-mêmes des qualités filtrantes.

Dans les régions peu habitées, les terrains calcaires, surtout ceux qui sont couverts de végétation, constituent les vrais réservoirs d'eau d'alimentation. Il faut éviter d'utiliser les sources en connexion avec des eaux superficielles et celles qui proviennent de régions à population dense, à moins de les contrôler en permanence par l'analyse chimique et bactériologique.

Pour M. Van den Broeck, quelle que soit la somme de travail consacrée par le géologue, le chimiste, le bactério-

logiste et l'ingénieur à l'étude du captage des eaux provenant du calcaire, et quelque compétence que puissent posséder ces spécialistes, aucun d'eux — vu les redoutables inconnues du problème et les variations éventuelles, toujours possibles, des éléments du régime hydrologique de ces terrains — ne serait à même de fournir des garanties absolues pour l'avenir. Aussi, une surveillance topographique, médicale, chimique et bactériologique incessante et consciencieuse, tant dans l'aire maximum d'alimentation des venues d'eau captées qu'au captage lui-même et dans la région d'adduction, doit-elle, de même que l'organisation de mesures spéciales de défense éventuelle en cas de contamination partielle ou totale ultérieure, constituer le complément indispensable de tout captage des eaux du calcaire. Plus le régime régional considéré s'écartera du type ordinaire des nappes et des sources des terrains meubles perméables, plus cette surveillance devra être fortement organisée et rigoureusement exécutée.

Après une longue discussion, à laquelle ont pris part MM. Bechmann (Paris), Kemna (Anvers), Marboutin (Paris), Rideal (Londres), Van Meenen (Saint-Gilles, lez Bruxelles), Pagliani (Turin), Putzeijs (Bruxelles), Struelens (Saint-Gilles, lez Bruxelles), Monaco (Rome), Roechling (Leicester), Delecourt-Wincqx (Bruxelles), de Kontkowski (Réval, Russie), Henrot (Reims), Van Meurs (Mons), Dunbar (Hambourg), Launay (Paris), les conclusions suivantes furent adoptées :

Les alimentations au moyen d'eaux issues des terrains calcaires doivent être l'objet d'une attention particulière, en raison des imperfections possibles du filtrage dans les terrains fissurés ;

Une enquête minutieuse au double point de vue hydrogéologique et chimico-biologique, s'impose donc avant tout captage ;

La distribution d'eau étant établie, des mesures de surveillance doivent être instituées et poursuivies, tant en ce

qui concerne les eaux captées que leur bassin d'alimentation.

La question de l'*unification des procédés d'analyse bactériologique des eaux*, portée au programme de la section de bactériologie du Congrès d'hygiène, a été traitée dans des rapports de MM. le Dr Loeffler (conseiller intime de médecine, professeur à l'Université, Greifswald), le Dr Grimbert (pharmacien en chef de l'Hôpital Cochin, Paris) et le Dr Malvoz (directeur de l'Institut provincial de Bactériologie, Liége).

Sont intervenus dans la discussion MM. Bonjean (Paris), Rappin (Nantes), Bordet (Bruxelles), Calmette (Lille).

La section a émis le vœu que chaque chef de laboratoire officiel précise les procédés qu'il emploie, les raisons qui ont dicté son choix et l'importance qu'il accorde aux résultats de ces recherches.

Elle a admis que l'analyse bactériologique des eaux a une grande importance, non seulement pour la recherche des microbes pathogènes, mais encore pour le contrôle de l'efficacité des procédés de purification des eaux.

La question de la *stérilisation des eaux alimentaires au moyen de l'ozone* a été traitée au Congrès de chimie appliquée par MM. Proskauer et le Dr Erlwein (Berlin). Les procédés de Siemens et Halske, de Tyndall, de Marmier, d'Otto, etc. ont été passés en revue. Communication a été donnée de résultats d'essais d'application du procédé Siemens et Halske, tentés récemment à Wiesbaden et à Paderborn.

Cette même question a fait au Congrès d'hygiène l'objet d'une communication de M. de Montricher (ingénieur civil des mines, Marseille).

MATIÈRES COLORANTES

M. Chlopin (professeur, Jurjew, Russie), a fait part au Congrès de chimie appliquée du résultat de ses recherches

sur l'*action physiologique des couleurs dérivées du goudron de houille*. Sur cinquante couleurs examinées, deux lui ont paru toxiques pour l'homme. Il ne semble pas y avoir de relation définie entre la constitution chimique et l'action physiologique. On sait qu'une loi du 15 janvier 1898 interdit en Russie l'emploi des colorants artificiels dans la préparation des denrées alimentaires.

M. Schacherl (inspecteur général, Vienne) a parlé des *matières colorantes artificielles*.

Certaines de ces matières, telles que la fuchsine et la coralline, ne sont vénéneuses que par leurs impuretés (arsenic, mercure, phénol) ; d'autres, telles que l'acide picrique, sont toxiques par elles-mêmes.

Au point de vue de l'hygiène, certains colorants sont à proscrire ; mais, dans la pratique, il est peu aisé d'assurer l'observation de semblable disposition, parce que les matières colorantes se présentent fréquemment sous des dénominations fantaisistes et que leur identification par l'analyse est souvent difficile lorsqu'il ne s'agit pas de groupes correspondant à des fonctions bien déterminées, comme les couleurs azoïques ou le bleu de méthylène.

Le rapporteur estime qu'il y a lieu de tolérer la coloration artificielle à l'aide de matières inoffensives dans le seul but d'embellir des denrées, telles que des bonbons ; mais qu'il faut l'interdire lorsqu'elle a manifestement pour but de tromper au sujet de la qualité, comme à propos de café, de denrées au jaune d'œuf, de jus de fruits, etc.

Cette communication a donné lieu à une discussion entre MM. von Buchka (Berlin), Paul (Berlin) et Bein (Berlin).

Un rapport a été fait par M. Formánek (Docent, Prague) sur la *recherche spectroscopique des matières colorantes dans les aliments et les boissons*. On peut arriver à reconnaître les colorants en observant les variations de forme et de position que subissent les bandes d'absorption lorsqu'on fait varier la nature du dissolvant et lorsqu'on ajoute à la solution un acide dilué ou un alcali.

MM. Hómberg (Charlottenburg), Noelting (Mulhouse), Kallab (Offenbach), Gnehm (Zurich), Hausmann (Berlin) et Lange (Crefeld) ont pris part à la discussion sur cet objet.

SACCHARINE

M. le Dr Fahlberg (Salbke-Westerhüsen) a présenté à la section des produits organiques du Congrès de chimie appliquée un rapport très intéressant sur l'*industrie de la saccharine*, produit édulcorant dont il est, comme on sait, l'inventeur. Il combat les motifs qui, en Allemagne, ont amené le Gouvernement à prohiber l'addition de cette substance aux denrées alimentaires.

CONSERVES ALIMENTAIRES

Les questions suivantes avaient été inscrites au programme du Congrès d'hygiène :

La stérilisation des conserves alimentaires ; conditions dans lesquelles doit s'effectuer cette opération ; vérification de la stérilité. — Y-a-t-il lieu de tolérer une certaine quantité d'antiseptique dans les conserves qu'on ne peut stériliser ? Dans l'affirmative, quels sont les antiseptiques qui pourront être employés ?

Des rapports furent présentés par M. le Dr Ranwez (professeur à l'Université, Louvain), le Dr Sforza (lieutenant-colonel médecin, directeur de l'Hôpital militaire principal, Bologne) et le Dr Vaillard (professeur à l'École d'application du service de santé militaire, Saint-Mandé, Seine, France).

M. Ranwez rappelle que, dans la préparation des conserves, le but de la stérilisation est double : 1° détruire les micro-organismes pathogènes et supprimer ainsi la transmission à l'homme des maladies infectieuses dont les

germes pourraient souiller les aliments ; 2° empêcher l'altération des aliments et en assurer la conservation très prolongée.

La stérilisation complète, ayant pour effet la destruction de tous germes vivants, bactéries ou spores, n'est obtenue qu'à la condition d'atteindre une température assez élevée et de maintenir cette température pendant un temps suffisant.

La stérilisation des conserves de légumes s'effectue généralement à une température de 110 à 116 degrés, pendant un temps qui varie de dix minutes à une heure, suivant la disposition et les dimensions des appareils, ainsi que la nature et le volume des récipients et de leur contenu. Pour satisfaire aux exigences du public, les légumes doivent d'ailleurs être cuits à point, mais pas trop : une température trop élevée ou trop prolongée altère les caractères organoleptiques des produits, en modifie la consistance et l'aspect, les ramollit outre mesure, les désagrège et enfin rend la sauce trouble, boueuse et d'une apparence peu appétissante.

Afin de maintenir la stérilité, les boîtes doivent être parfaitement étanches et fermées. Pour vérifier la parfaite fermeture des boîtes on les immerge dans l'eau bouillante : les fonds doivent bomber après quelques instants.

La vérification de la stérilité peut se faire par le procédé scientifique, consistant à ouvrir une ou plusieurs boîtes et à pratiquer avec leur contenu des ensemencements et des cultures. Mais on se borne généralement au procédé technique, consistant à porter les boîtes à une température de 35 à 38 degrés, à les maintenir à cette température pendant une semaine et à s'assurer que les fonds ne bombent point sous l'action des gaz produits dans ces conditions par des bactéries restées dans les boîtes.

Certaines conserves ne sont pas stérilisées à l'autoclave ni même pasteurisées au bain-marie, soit que leur nature rende impossibles ces opérations, soit que le goût du public

ne veuille pas de ces produits quand ils sont cuits. Il paraît désirable de pouvoir conserver ces aliments par l'emploi de substances antiseptiques, à condition que ces substances ne soient pas nuisibles dans la forme et dans la quantité où elles sont employées.

M. Sforza s'occupe de la stérilisation des viandes et des bouillons.

La stérilisation des viandes doit être pratiquée à la température de 120 degrés pendant une heure au moins. Elle fait perdre à la denrée une partie de ses caractères naturels et la viande ainsi traitée n'a plus la valeur nutritive de la viande fraîche.

A la longue, après trois ans en moyenne, les conserves de viande perdent encore une partie de leur valeur nutritive, par suite de changements chimiques mal connus.

Pour éviter les avaries tardives des conserves de viande, il faut les mettre dans des locaux frais, aérés et secs.

Pour les bouillons concentrés, l'auteur conseille la stérilisation fractionnée.

M. Vaillard fait remarquer qu'il importe d'abord que la matière première soit de bonne qualité et exempte d'avarie; car la stérilisation peut ne pas détruire les toxines, mais donner au contraire au produit une apparence qui n'éveille pas l'attention ; tandis qu'une conserve faite avec une matière première irréprochable, mais altérée ultérieurement par défaut de stérilisation, trahit son avarie par le bombement du fond et du couvercle de la boîte métallique, après huit jours d'exposition à la température de 37 degrés.

Le chauffage à 115-120 degrés, au moyen de vapeur d'eau sous pression, pendant quinze à vingt minutes, est appliqué à la préparation des conserves de viande de boucherie, de volaille, de certains poissons (thons), de légumes. A cet effet, l'autoclave est maintenu à la température susdite pendant deux heures environ.

Les conserves de poissons délicats, de pâté de foie

gras, de certains gibiers, paraissent demander des chauffes moins brutales, pour éviter de nuire à leur aspect ou à leur bon goût. Elles sont généralement stérilisées à une température n'excédant pas 100 degrés. L'opération se fait dans l'eau à l'air libre : elle a une durée de plusieurs heures. Pour mieux assurer la stérilisation, on pourrait procéder à plusieurs chauffages successifs et porter la température à 103-104 degrés.

Il y a lieu d'éclairer l'industrie des conserves alimentaires sur les conditions nécessaires pour assurer à ses produits la stérilité absolue.

L'emploi des antiseptiques doit être interdit pour la conservation des substances alimentaires. S'il existe réellement des conserves utiles qui ne supportent pas la stérilisation par la chaleur, ce dont on peut douter encore, il faudrait, pour les préserver absolument de toute altération, des antiseptiques puissants et des doses dangereuses pour le consommateur. La question a déjà été résolue dans ce sens au Congrès d'hygiène de Paris, en 1900.

Sont intervenus dans la discussion, MM. Henseval (Gembloux), Stubbe (Bruxelles), Bergé (Bruxelles), Raptchewski (Saint-Pétersbourg), Chassevant (Paris), Schamelhout (Ixelles), Liebermann (Budapest), Delaye (Liége).

On a adopté les conclusions ci-après :

L'emploi de denrées de mauvaise qualité ou en cours d'avarie doit être absolument interdit dans la fabrication des conserves et réprimé s'il y a lieu ;

La stérilisation des conserves doit être complète ;

Il n'est pas possible de préciser en une formule unique, applicable à tous les cas, les conditions dans lesquelles elle doit s'effectuer ; ces conditions varient avec les appareils, les récipients, la nature des aliments, la forme des conserves, etc. ;

Les récipients dans lesquels sont contenues les conserves doivent être hermétiquement fermés ;

La résistance des boîtes au bombement, après une

incubation d'une semaine, à 38 degrés, suffit en général pour vérifier la stérilité des conserves ;

Il n'y a pas lieu de tolérer l'emploi des antiseptiques dans les conserves.

M. le Dr Harrington (professeur à l'École de médecine, Harvard) a fait une communication sur les *dangers de l'emploi du sulfite de sodium comme agent de conservation des denrées alimentaires.*

Au Congrès de chimie appliquée, M. le Dr Wiley (chef du bureau de chimie au Département de l'Agriculture, Washington) a présenté une note sur la *quantité de sucre à tolérer dans les conserves d'ananas.*

DENRÉES ALIMENTAIRES EN GÉNÉRAL

M. von Buchka (professeur, conseiller intime du gouvernement, Berlin) a présenté au Congrès de chimie appliquée un rapport sur le *dosage des hydrates de carbone* dans les denrées alimentaires et les objets de consommation. Il a exprimé le vœu de voir définir et unifier les conditions de préparation de la liqueur de Fehling ainsi que le mode opératoire à employer.

La question du *dosage de la pentosane, de la cellulose et de la lignine* dans les denrées alimentaires et les fourrages a fait l'objet d'un rapport de M. le Dr König (professeur à l'Université, conseiller intime du gouvernement, Münster). Le procédé de l'auteur pour le dosage de la fibre cellulosique permet la séparation presque complète des pentosanes. La fibre cellulosique peut être débarrassée de la lignine par l'action de l'eau oxygénée et de l'ammoniaque qui, sans attaquer la cellulose, oxyde la lignine. M. le Dr Zipperer (Darmstadt) a émis l'avis que la méthode devrait être perfectionnée pour ce qui est du dosage des pentosanes.

MM. les Drs Juckenack (Berlin) et Fendler (Steglitz)

ont traité de la *recherche du jaune d'œuf* dans les pâtes alimentaires, les liqueurs, la margarine, etc.

Un rapport sur *la chimie et la physiologie des préparations alimentaires* a été présenté au nom de M. le Dr König, par M. le Dr Zuntz (professeur de physiologie, Berlin). L'auteur examine la façon dont les aliments préparés se comportent dans l'appareil digestif, leur action sur l'accroissement du corps et leur influence sur la capacité de travail.

M. le Dr Thorpe (directeur du Laboratoire du gouvernement, Londres) a présenté une dissertation sur *les méthodes les plus efficaces de dosage de l'arsenic* dans les denrées alimentaires et les marchandises diverses.

M. le Dr Lunge (professeur à l'École polytechnique, Zürich) a fait à la section de chimie analytique un rapport sur *l'organisation et les travaux de la Commission internationale des analyses*, dont il est le président. La section a arrêté le règlement organique de cette commission.

M. le Dr chevalier von Grueber (Malmö), président de la Commission internationale pour *l'analyse des engrais artificiels et des denrées destinées à l'alimentation du bétail*, a présenté un rapport sur les travaux de cette commission.

En ce qui concerne les aliments destinés au bétail, une convention internationale est intervenue pour ce qui est de la préparation des échantillons, du dosage de l'eau, du dosage de la protéine (protéine brute, protéine pure, substances azotées assimilables), du dosage de matières grasses (en général et dans les aliments à la mélasse), du dosage des matières extractives autres que les matières azotées (matières totales, matières sucrées), du dosage de la cellulose, du dosage des cendres, du dosage du sable et des autres éléments minéraux étrangers.

M. le Dr Maurel (chargé de cours à la Faculté de médecine, Toulouse) a appelé l'attention du Congrès d'hygiène sur l'*utilité de protéger par une vitrine les sucreries, pâtisseries, etc., vendues dans les rues et sur les places publiques.*

Il a fait, en outre, une communication sur un procédé, employé par lui, d'*évaluation approximative de nos dépenses minima en potasse, chaux, magnésie, acides phosphorique et sulfurique.*

M. Nourry (Paris) a traité de la *nécessité de l'alimentation rationnelle de l'homme.*

A la suite d'une communication de M. le Dr Verbrugghen (Gand), le Congrès d'hygiène, estimant que l'alimentation est une arme puissante pour la lutte contre les maladies transmissibles, a émis le vœu de voir seconder officiellement tout mouvement international ayant pour objectif *l'étude et la vulgarisation de tous les moyens capables d'améliorer l'alimentation de l'homme et de l'animal.*

Sur la proposition de M. Van Hulst (attaché à l'inspection du service de santé, Bruxelles), le même Congrès, pénétré de l'importance du rôle des micro-organismes dans l'hygiène générale et plus particulièrement dans l'hygiène alimentaire, a émis le vœu de voir organiser l'*enseignement des éléments de bactériologie dans les Facultés des sciences*, au même titre que sont enseignées la physique, la chimie, la minéralogie, la botanique et la zoologie.

Sur la proposition de M. André (Bruxelles), le Congrès d'hygiène a émis le vœu que la commission instituée au Congrès de Vienne, en 1887, pour l'étude des mesures internationales à prendre contre la falsification des denrées alimentaires, prépare pour le prochain congrès un nouveau rapport concernant *la législation en vigueur et la surveillance exercée dans les différents pays sur le commerce des denrées alimentaires.* Cette commission a pour président M. le Dr Brouardel, professeur à la Faculté de médecine de Paris.

Au Congrès de chimie appliquée, M. le prof. Dr von Buchka (Berlin), a fait un rapport sur *le développement et l'importance de la chimie des matières alimentaires,*

considérée aux points de vue scientifique et pratique. C'est grâce aux progrès de cette branche de la chimie, joints à ceux de la législation spéciale sur la matière, que l'on a pu refréner la falsification de ces denrées. M. Popp (Francfort-sur-le-Mein) ayant émis le vœu de voir s'établir une entente internationale pour l'expertise des denrées alimentaires, M. von Buchka a fait observer que l'on poursuit déjà pareille entente pour les denrées qui sont l'objet d'un commerce international, comme les sucres.

M. André a rappelé que, déjà en 1896, au Congrès de Paris, M. Piutti (Naples) a réclamé l'élaboration de codes nationaux et ensuite d'un code international d'analyse des denrées alimentaires, et qu'au Congrès de Paris 1900, M. Chuard (Lausanne) a renouvelé ce vœu. Sur sa proposition, appuyée par M. von Buchka, le Congrès a institué une commission pour l'étude de la question de l'*unification des méthodes d'analyse des denrées alimentaires*.

J.-B. André.

LA TÉLÉGRAPHIE SANS FIL [1]

ET SON UTILISATION MILITAIRE

Après que, en 1745, le Dr Watson eut découvert le principe de la télégraphie électrique avec fil et en eut imaginé une application théorique (2), il s'écoula un siècle avant que son invention fût utilisée pratiquement. La télégraphie sans fil ne sera pas restée aussi longtemps dans les langes. C'est en 1887 que Hertz vérifie expérimentalement la théorie des oscillations et des ondulations électriques formulée par Maxwell en 1864 ; Branly, en 1890, invente le radio-conducteur au moyen duquel presque simultanément en 1894 plusieurs savants conçoivent la façon d'enregistrer les ondes hertziennes ; en 1895, Popoff pressent leur usage que, l'année suivante, les travaux de Marconi allaient permettre. Au début, les dépêches parcourent péniblement quelques kilomètres ; en 1902, elles franchissent l'Atlantique. Une véritable fièvre s'empare des inventeurs, les perfectionnements succèdent aux perfectionnements, les systèmes aux systèmes et, à l'heure actuelle, plusieurs mois ne suffisent pas à lire les innombrables pages écrites sur la nouvelle télégraphie (3).

(1) La télégraphie sans fil dont il sera constamment question dans cet article, est celle qui est sortie des travaux de Maxwell, de Hertz, de Branly, de Popoff et de Marconi, à l'exclusion de toute autre télégraphie sans fil par lampes, héliographes, drapeaux, fanions, etc...

(2) Si on en croit un article paru dans l'Edinburg Review et reproduit par la Revue Britannique, année 1839, 8e série, tome IV, p. 359, sous le titre *Les Canons rayés et la Tactique moderne.*

(3) Messieurs Lodge, Le Royer et Van Berchem (A. Righi, *Les Ondes hertziennes*. Rapport au Congrès de Physique, 1900, tome II).

L'histoire de celle-ci n'est pas terminée, mais elle en est arrivée à une période où un ordre indispensable s'établit dans les choses et dans les esprits, où l'attirance de certaines illusions cesse de s'exercer, où, une fois de plus, l'homme apprend la modestie et reconnaît qu'il est des œuvres bien hautes pour l'imperfection de sa nature et de ses outils. Il en va ainsi des communications hertziennes par dessus les océans; les compagnies de câbles sous-marins n'ont plus à craindre pour le moment la faillite et la ruine, et je doute qu'on édifie encore de coûteux (1) et gigantesques palais pour la télégraphie sans fil. Aussi bien, la transmission des dépêches à des milliers de kilomètres est très lente et très aléatoire et leur secret, réclamé à juste titre par le commerce, n'est point garanti. D'autre part, les installations, véritables arsenaux de foudres électriques, menacent le voisinage et, dans un rayon qui peut atteindre deux cents lieues (2), sont une cause permanente de perturbations pour les postes ordinaires dont le fonctionnement est exposé à un arrêt complet.

Dans le domaine civil ce qui reste actuellement important, comme le signalait déjà THE ELECTRICIAN le 7 novembre 1902, c'est un système de communications de navire à navire et de navire à la côte, ou vice versa, dans une zone raisonnable ; ce qu'il faut rejeter résolument, quoi qu'il en puisse coûter à des espérances longtemps caressées, c'est le projet de substituer à la télégraphie sous-marine sanctionnée par la pratique un procédé à bon marché, sans régularité, rapidité, ni discrétion.

Dans le but d'établir une convention universelle pour l'échange des télégrammes hertziens entre les stations côtières et les navires, la « Conférence internationale de

(1) La station de Poldhu, au cap Lizard, dans la Cornouailles, a coûté environ un million de francs.

(2) L'expérience a démontré que le poste de Belfort était influencé par la station de Poldhu à 950 kilomètres.

la Télégraphie sans fil » s'est réunie à Berlin en août 1903. Elle a affirmé la grande utilité de la télégraphie sans fil au point de vue maritime, mais a admis qu'il ne convenait pas pour le moment d'en étendre l'emploi à des portées dépassant quatre cents kilomètres (1). La conclusion des travaux de la Conférence a été la suivante : toutes les stations côtières ouvertes à la correspondance privée seront tenues de recevoir et de transmettre les télégrammes originaires ou à destination des navires en mer, sans distinction de systèmes employés par eux ; pour faciliter ces communications, tous les renseignements techniques relatifs aux diverses stations devront être publiés.

On voit donc — c'est, d'ailleurs, logique, conforme à l'objectif — qu'en l'espèce l'usage de la télégraphie sans fil repose sur la faculté pour n'importe quel poste, fixe ou mobile, terrestre ou marin, d'enregistrer des signaux d'où qu'ils viennent et d'en émettre vers n'importe quelle destination dans les limites des portées pratiques. L'idéal serait une complète uniformité des appareils, une syntonie identique pour chacun d'eux et une aptitude à enregistrer ou à émettre simultanément plusieurs dépêches, pour autant que cette syntonie et cette aptitude soient conciliables ; enfin, rien de secret, rien de mystérieux dans l'émission, la réception, le déchiffrement des messages, mais, au contraire, tout de la plus grande clarté, de la plus grande compréhension sans nulle chance de doute ou de confusion, car il y va de la conservation des bâtiments, de l'existence des équipages et des passagers (2).

(1) La Compagnie Marconi ne dépasse pas comme maximum de portée pratique 300 kilomètres, l'*Allgemeine Electricitäts Gesellschaft*, fusionnée pour la télégraphie sans fil avec la Société Siemens et Halske, 200 kilomètres seulement.

(2) Dans le domaine civil l'emploi de la télégraphie sans fil est presque exclusivement maritime. On pourrait cependant la substituer à la télégraphie ordinaire lorsque les installations de celle-ci seraient trop coûteuses ou d'une surveillance difficile. Depuis quelque temps, en Amérique, on utilise la télégraphie sans fil pour le service des trains ; les locomotives sont

On n'a pas manqué, lors de la découverte de la télégraphie sans fil, d'en chercher l'utilisation militaire; on y voyait un moyen extrêmement commode et rapide de découvrir les emplacements inconnus des vaisseaux amis et, sur terre, ceux de la cavalerie en exploration et ceux des détachements isolés. On concevait, au cas où la nouvelle télégraphie se serait accommodée des exigences particulières de l'art de la guerre, avec quelle facilité on aurait fait parvenir jusqu'aux croiseurs les plus éloignés des escadres, jusqu'aux troupes les plus avancées des armées continentales des avis, des instructions et des ordres et, aussi, quels précieux renseignements on aurait pu obtenir instantanément sur l'ennemi. Grâce à elle, le haut commandement était susceptible d'acquérir une vue plus perçante et des oreilles plus fines et de porter des coups plus foudroyants à l'adversaire. Mais il ne s'agit pas ici du même problème dont se sont occupés l'année dernière les membres du Congrès de Berlin ; la solution parfaite de la question implique le secret absolu des communications, l'emploi de systèmes qui ne soient ni connus, ni utilisables par autrui et dont il ne puisse troubler ou suspendre le fonctionnement.

On devait d'abord songer à se servir de la télégraphie sans fil dans la guerre maritime, et cela pour deux raisons : la première, l'aisance plus grande que sur les continents avec laquelle les ondes électriques se meuvent au-dessus des eaux, ce qui fait de la mer leur domaine propre de libre propagation; la seconde, la pénurie des moyens de communications entre les flottes et leurs éléments vis-à-vis de la richesse de ceux dont disposent les troupes de terre. Aussi, en mai 1902, l'Army and Navy Register déclarait que le champ d'utilisation de la télégraphie sans fil était, au point de vue militaire, essen-

munies d'appareils qui permettent aux mécaniciens d'envoyer des signaux à 20 kilomètres et même plus en avant et en arrière. Des expériences concernant ce mode de signaler sont en cours en Belgique et en Italie.

tiellement sur mer. Depuis lors, on s'est montré beaucoup moins absolu.

C'est, je pense, en 1899 que l'Angleterre, au cours des manœuvres navales, expérimenta pour la première fois la télégraphie sans fil : des communications furent échangées à des distances de 100 et 130 kilomètres. En 1901, des expériences plus complètes ne donnèrent point de résultats pleinement satisfaisants. Si deux croiseurs parvinrent à faire connaître un déplacement important de l'ennemi, par contre, les signaux de l'une des flottes furent interceptés par un navire adverse et déchiffrés malgré l'emploi d'une clef secrète d'interprétation. Pendant le combat la télégraphie sans fil, non installée à bord de tous les bâtiments, ne fut pas utilisée (1). En somme, beaucoup de tâtonnements et d'incertitudes, ce qui n'empêchait point la MARINE REVIEW de déclarer l'année suivante dans un article de fond que « la valeur offensive de la vitesse était doublée et triplée par l'emploi de la télégraphie sans fil » (2). En réalité, les manœuvres navales anglaises de 1901 avaient montré que l'on avait entre les mains une arme à deux tranchants dont il fallait se méfier ; jusqu'alors lancer une flotte dans une fausse direction ou la maintenir à l'ancre par suite de renseignements erronés était certes chose fâcheuse, mais à quel plus grand danger n'était-on pas exposé en décidant des opérations sur la foi d'un télégramme hertzien habilement rédigé par l'ennemi lui-même ? Dans cette éventualité la rapidité des mouvements devenait le facteur principal de l'infériorité stratégique, voire d'une écrasante défaite.

Sans doute la possibilité de relier par la télégraphie sans fil, suivant toutes les combinaisons, des flottes, des

(1) Le TIMES, n° du 18 septembre 1901. Compte rendu des manœuvres navales anglaises communiqué par l'Amirauté.

(2) MARINE REVIEW, n° du 10 août 1902. *Les progrès recents de la Science et l'avenir de la Guerre navale*, par William Laird Clowes.

navires, des stations côtières n'est pas contestable ; des expériences concluantes en font foi. Dans la Méditerranée, deux bâtiments français, le *Pothuan* et le *Chanzy*, sont restés en relations constantes pendant douze heures ; au cours de sa traversée d'Angleterre à Cronstadt et vice versa et de son retour d'Angleterre en Italie, le *Carlo Alberto*, ayant à son bord Marconi employant pour la première fois son détecteur magnétique, a reçu ou transmis des télégrammes hertziens à des distances considérables, même à travers des étendues de terre de plus de neuf cents kilomètres et les chaînes élevées des Pyrénées et des Alpes (1). Mais il ne faut pas se faire illusion ; les expériences scientifiques du *Carlo Alberto*, qui ont eu un retentissement très légitime, ont donné lieu, bien que le concours de toutes les bonnes volontés ne leur ait point manqué, à des constatations de nature à refroidir les enthousiasmes. Il est arrivé entre autres qu'une dépêche de l'ambassade italienne transmise le 6 septembre 1902 à 9 heures du soir au *Carlo Alberto* par la station de Poldhu a été immédiatement enregistrée à l'École de télégraphie de Porthcurnoro dans la Cornouailles et reçue seulement par le navire, après de nombreuses répétitions, le 9 septembre à 4 heures du matin (2). Si de telles anicroches ont contrarié des essais soigneusement préparés et effectués, que dire des graves inconvénients auxquels on se heurterait au milieu de l'agitation et des incertitudes de la guerre? Aussi, est-on d'avis que la télégraphie sans fil ne peut être utilisée que si l'on possède l'empire de la mer ; dans ce cas elle est susceptible de rendre les plus grands services en permettant des rela-

(1) REVUE MARITIME, t. CLVI, janvier-février-mars 1905. Expériences de télégraphie sans fil exécutées sur le *Carlo Alberto* de la marine royale italienne Traduit de la RIVISTA MARITIMA, 1902, fasc. X, suppl. — Au sujet du rapport du lieutenant Solari sur l'expédition radio-télégraphique du croiseur italien *Carlo Alberto*. Traduit de THE ELECTRICIAN, du 7 novembre 1902.

(2) THE ELECTRICIAN, n° du 7 novembre 1902.

tions rapides, instantanées, entre les croiseurs, les flottes et les ports. Là, où sans elle il faudrait un va-et-vient de vaisseaux pour porter les messages, il ne faut plus rien que des ondes électriques qui se propagent mystérieusement dans l'espace ; le nombre de croiseurs par le fait diminue notablement, de la moitié, assure-t-on. C'est à la fois une économie de matériel, de temps et d'argent.

Donc, lorsque la conception de la stratégie navale sera de maintenir les flottes concentrées, prêtes à se jeter sur l'ennemi dès que l'occasion favorable en est signalée, lorsqu'il s'agira d'organiser une guerre défensive en s'appuyant continuellement à des continents ou à des îles, la télégraphie sans fil s'offre pour un précieux emploi. Les théâtres d'opérations qui répondent parfaitement à ces conditions sont rares, car il ne faut pas seulement envisager la configuration des lieux, mais encore la façon dont ils sont politiquement distribués, ainsi que la défense maritime des côtes et des îles. Actuellement, d'après la Rivista nautica, ces théâtres ne seraient qu'au nombre de trois : l'Adriatique, la mer Tyrrhénienne et la Manche, y compris le Canal Saint-Georges.

Ainsi conçue l'utilisation de la télégraphie sans fil comporte une sécurité complète contre les entreprises de l'adversaire et une certaine fixité de ses organes ou, ce qui revient au même, une connaissance assez exacte des emplacements successifs des postes. Dans la pratique, il ne faudrait pas croire « que chaque navire, grand ou petit, pût être considéré comme l'extrémité mobile d'un nombre illimité de câbles aériens communiquant avec le rivage et tous les bâtiments amis dans un rayon de plusieurs centaines de milles » (1). Pour éviter toute confusion, la limitation s'impose quant à la distance de transmission des dépêches et au nombre de postes en activité, sans

(1) Marine Review, n° du 10 août 1902. *Les progrès récents de la Science et l'avenir de la Guerre navale*, par William Laird Clowes.

toutefois que cette limitation empêche de pourvoir tous les vaisseaux, ou à peu près tous, d'appareils de télégraphie sans fil, car chacun d'eux de par les circonstances peut être appelé à en user dans l'intérêt général ou à son profit particulier. La limitation de la distance de transmission des dépêches et celle du nombre de postes en activité est très importante, car, en mer, il sera toujours, quoi qu'on fasse, à cause du roulis et du tangage, très difficile d'installer des appareils capables d'émettre les ondes électriques dans une direction strictement déterminée et de ne pas impressionner, par conséquent, des appareils enregistreurs par des signaux qui ne leur seraient pas destinés ; inversement, il serait tout aussi malaisé d'orienter exactement les stations réceptrices.

De toutes les considérations précédentes il résulte que la télégraphie sans fil est capable, dans des éventualités bien définies, de fournir un excellent moyen d'améliorer en mer l'exploration et l'observation stratégiques de telle sorte qu'avant les hostilités et dans leurs prémices les conceptions et les décisions du commandement soient facilitées et que, de ce fait, les premiers engagements aient plus de chance d'être favorables, circonstance des plus heureuses, un succès initial ayant très souvent une influence prépondérante sur l'issue de la campagne. Le contact pris avec l'adversaire, l'aide que l'on peut attendre de la télégraphie sans fil devient aléatoire ; au fur et à mesure que les opérations se déroulent, son emploi exige de plus en plus de prudence et de précaution ; sur le champ de bataille naval il semble qu'on doive la proscrire. Les appareils actuels seraient exposés à être rapidement détruits par les projectiles ennemis ; pour l'éviter il faudrait inventer des systèmes internes cachés dans les flancs mêmes des bâtiments. D'autre part, l'échange de signaux hertziens pendant le combat provoquerait selon toute vraisemblance une grande confusion, parce qu'on ne les verrait pas émettre. Il serait superflu de s'étendre

sur les avantages, la nécessité de voir sur mer pendant l'action les signaux auxquels on doit obéir.

Avant de quitter le domaine de la guerre maritime, je remarquerai encore que les antennes suspendues à de hautes mâtures spécialement destinées à cet usage sont inutilisables en tout temps par les petits bateaux (torpilleurs, chaloupes à vapeur, etc...) et par tous les autres lorsque le temps est mauvais. Il faut donc recourir à d'autres moyens pour élever suffisamment les antennes au-dessus de la mer ; les meilleurs engins sont les cerfs-volants auxquels on suspend aussi des appareils récepteurs. Les cerfs-volants ont été expérimentés à plusieurs reprises. Par une brise d'environ cinq milles à l'heure, moindre que la vitesse d'un bâtiment remorqué, le direction d'un cerf-volant est entièrement à l'abri des variations du vent. Comme la direction des courants aériens varie avec l'altitude, en modifiant l'élévation d'un cerf-volant, on parvient à l'utiliser même par un vent violent (1). L'emploi de cerfs-volants ou de ballons ne serait en tout cas guère possible sur le champ de bataille naval, car il suppose un certain isolement des vaisseaux.

Je vais à présent avec quelques détails étudier la télégraphie sans fil au point de vue de la guerre continentale. Sur mer, deux obstacles naturels contrarient la concentration des forces : la distance et les intempéries. Depuis l'invention de la navigation à vapeur et l'augmentation de plus en plus considérable de la force motrice et des vitesses de marche, ces obstacles sont devenus beaucoup moins puissants qu'auparavant. Par suite de ces perfectionnements, l'accroissement des flottes, l'augmentation numérique des équipages ne constituent pas une cause de lenteur dans les opérations. Sur terre, bien des circonstances sont susceptibles d'empêcher la jonction des armées

(1) Voir ENGINEER, n° du 7 novembre 1902.

ou de leurs éléments ; ce n'est pas seulement de l'éloignement, de la pluie, de la neige, du froid ou du chaud qu'il faut tenir compte, mais encore de la nature du sol, de la pente des routes, des œuvres d'art, des cours d'eau et, infiniment plus que sur mer, du moral des hommes et de leur degré d'épuisement physique. Les effectifs du pied de guerre sont devenus énormes, les armées disséminent leurs troupes et leurs services sur des espaces considérables. Il faut se concentrer pour combattre, se diviser pour stationner ou pour marcher. L'augmentation du front oblige à lancer plus au loin que par le passé la cavalerie d'observation ou d'exploration et tous les organes actifs, cavalerie de sûreté, cyclistes, soutiens d'infanterie chargés de tendre autour de la masse principale un réseau protecteur et de l'avertir du danger. On conçoit quelle importance et quelle complexité ont acquises de nos jours la réunion des renseignements, la transmission des ordres et des instructions et combien elles préoccupent le haut commandement. Aussi ne cesse-t-on de voir ceux qui ont la responsabilité de l'organisation et de la conduite des armées s'appliquer à rechercher et à mettre en œuvre les moyens les plus propres à établir des communications sûres et rapides entre les quartiers généraux, les états-majors, les détachements isolés. Sous ce rapport la science et l'industrie ont prêté un concours efficace à l'art de la guerre. Nous n'en sommes plus aujourd'hui à n'utiliser que des estafettes, des groupes de cavaliers, voire des hommes à pied. La télégraphie optique sous toutes ses formes, la télégraphie électrique avec fil sont depuis longtemps mises à contribution ; l'invention de la bicyclette a permis de se pourvoir de messagers rapides aussi prompts à accomplir leur mission qu'à s'esquiver devant l'ennemi ; l'automobilisme n'a pas manqué non plus de fournir aux armées de nouveaux moyens accélérés de locomotion pour la transmission des messages et pour l'inspection des lieux. Dès qu'apparut la télégraphie sans fil, on

fut séduit par les avantages particuliers qu'elle offrait sur tous les autres modes de communications. Elle fonctionnait à grande distance et dans l'obscurité, malgré les intempéries et sans que la position exacte des destinataires dût être connue. Mais on ne fut pas longtemps sans s'apercevoir que de notables inconvénients y étaient inhérents. Les orages, les décharges électriques de l'atmosphère entravaient ou empêchaient les signaux, les postes se troublaient les uns les autres ; on ne parvenait pas à trouver des moyens efficaces d'empêcher l'adversaire d'enregistrer les dépêches et de jeter involontairement ou même volontairement la perturbation dans les correspondances ; s'il était habile et que le hasard le favorisât, il pouvait réussir à substituer ses postes aux postes amis et à provoquer ainsi les plus dangereuses erreurs.

Lors de la revue du corps de la garde en 1897, l'empereur d'Allemagne ordonna au bataillon d'aérostiers de faire des essais de télégraphie sans fil, mais c'est en Russie, en 1899, qu'elle aurait été employée pour la première fois au cours de manœuvres militaires ; le professeur Popoff assistait aux expériences. Celles-ci furent couronnées de succès, mais l'appareil dont on fit usage n'avait qu'une portée très limitée, deux kilomètres et demi. En France, lors des manœuvres d'armée de 1901, si on en croit la France militaire, la télégraphie sans fil aurait fonctionné d'une manière très satisfaisante entre la direction des manœuvres et les quartiers généraux des deux partis. Mais, sans conteste, c'est aux manœuvres impériales allemandes de 1902 qu'une application complète et méthodique de l'invention de Marconi fut réalisée. Grâce à leurs efforts et à leur persévérance, les officiers aérostiers allemands se sont acquis dans cette circonstance un titre d'honneur scientifique qu'il convient de ne point leur marchander. Au sujet de ces manœuvres et, en général, au sujet de l'emploi sur terre de la télégraphie sans fil il est utile de consulter le remarquable article paru en 1903

dans les V. Löbell's Jahresberichte uber die Veranderungen und Fortschritte in Militarwesen (1), auquel je me permettrai de faire quelques emprunts.

L'auteur, certainement des mieux informés et qui paraît avoir participé aux expériences de 1902, tout en déclarant que la télégraphie sans fil, la plus indépendante de toutes les télégraphies, est, par son essence, la plus appropriée à la guerre de campagne et, à cause de cela, la plus importante au point de vue militaire, reconnaît cependant qu'elle ne peut être substituée complètement à la télégraphie ordinaire. Celle-ci sera toujours de rigueur lorsque la circulation des dépêches sera intense dans les deux sens et que les correspondances seront longues. Il ne paraît pas, en effet, que dans la pratique on puisse au moyen des ondes hertziennes transmettre plus de cent cinquante mots à l'heure ; la rapidité de transmission de la télégraphie ordinaire atteint quatre cent cinquante mots, le triple. L'emploi de la télégraphie sans fil serait limité aux cas suivants :

1° Établissement rapide de communications entre deux points, soit que l'on manque de temps pour établir une ligne télégraphique ordinaire, soit que le matériel de celle-ci fasse défaut ;

2° Communications entre des points séparés par des terrains où l'établissement d'une ligne télégraphique ordinaire serait impossible ou difficile ;

3° Communications entre le commandement et les troupes qui se déplacent, communications entre les détachements opérant isolément ;

4° Communications des places assiégées avec l'extérieur.

Suivant les cas, les postes sont fixes ou mobiles.

Enfin l'auteur admet que la télégraphie sans fil est d'un

(1) V. Löbell's Jahresberichte uber die Veranderungen und Fortschritte in Militarwesen, XXIV. Jahrgang, 1902. — *Funkentelegraphie*, pp. 386 et suivantes.

usage sûr dans un rayon de cinquante kilomètres, c'est-à-dire deux journées de marche. En fait, au cours des manœuvres impériales allemandes de 1902 et de celles de 1903, cette distance a été dépassée, elle a atteint cent kilomètres. Dans l'état actuel de la science une distance de cent kilomètres serait donc le maximum de portée pratique.

Je ne m'attarderai pas à parler des postes fixes, les ouvrages spéciaux fourmillent de descriptions d'installations successivement employées depuis Marconi par les expérimentateurs. La puissance des postes militaires doit être strictement limitée aux portées pratiques de transmission. Les postes mobiles sont à étudier avec une attention particulière.

Lorsqu'il s'agit d'installations mobiles, l'usage de mâts destinés à la suspension des antennes doit être proscrit, car ces mâts, vu la nécessité de n'employer qu'un matériel léger, peu encombrant et dont la mise en œuvre soit en quelque sorte instantanée, seraient forcément d'une hauteur très limitée et, par conséquent, le rayon d'action des postes serait des plus restreints. Lors des manœuvres russes de 1899, l'emploi d'un mât suspenseur n'a pas permis de lancer des dépêches à plus de deux kilomètres et demi ; il eût fallu donner au mât une hauteur de dix à douze mètres pour les expédier à cinq kilomètres. Cette dernière distance est tout à fait insuffisante et pour la dépasser, ne fût-ce que de quelques kilomètres, il faudrait élever les mâtures au delà de toute mesure (1).

C'est donc aux ballons et aux cerfs-volants que l'on a recours, et l'on se procure en même temps certains

(1) Voici quelques résultats d'expérience :

Hauteur du mât suspenseur	Distance de transmission
6 mètres	1 kilom. 6
12 »	6 » 4
24 »	25 » 5
35 »	51 »

avantages indirects très appréciables. Le personnel peut se mettre complètement à l'abri ; si le terrain s'y prête, on peut changer de position en laissant le poste équipé ; dans ce cas le ballon — ou le cerf-volant — sans qu'on en détache l'antenne, est simplement remorqué. C'est une économie de temps, et, si on fait usage d'un ballon, une économie de gaz, chose capitale.

Les postes mobiles qui ont fonctionné aux manœuvres impériales allemandes de 1902, avaient la constitution suivante.

Le matériel, du système « Braun-Siemens et Halske », était réuni sur une seule voiture à six chevaux, dénommée « Funkenwagen » ; cette voiture était composée de deux trains à deux roues analogues à ceux de l'artillerie et réunis de la même manière. L'avant-train portait les appareils récepteurs, un ballon, un cerf-volant, des accessoires et des réserves ; l'arrière-train les appareils émetteurs, la dynamo et le moteur à benzine, susceptible de produire une tension de 105 à 110 volts. Le ballon d'une capacité de dix mètres cubes était gonflé à l'hydrogène comprimé. La voiture emportait à la fois de la benzine et de l'eau pour le moteur, des tubes d'hydrogène pour le ballon, une batterie de quarante bouteilles de Leyde, le circuit transmetteur, un appareil Morse et des éléments secs Hellesen.

Le personnel, outre un sous-officier monté et deux conducteurs, comprenait un officier, un sous-officier et cinq hommes. L'installation du poste n'exigeait que quelques minutes. Il y avait, en tout, cinq postes mobiles et deux postes fixes.

En 1903, on a fait usage de cinq postes mobiles et d'un poste fixe improvisé. Quatre des postes mobiles étaient montés, comme l'année précédente, sur des voitures à six chevaux, composées de deux trains de deux roues ; le matériel du cinquième poste était transporté par un chariot à un cheval. Tous les appareils avaient été fournis

par la *Gesellschaft für Funkentelegraphie* et avaient été considérablement perfectionnés. Pendant les manœuvres tous les postes ont opéré avec la même longueur d'onde; des expériences préliminaires avec des longueurs d'onde différentes avaient été faites, mais il a été reconnu qu'il fallait les poursuivre encore et réaliser de meilleurs résultats avant de pouvoir utiliser pratiquement ce genre de transmission. Au cours de l'hiver 1903-1904 les aérostiers ont pu télégraphier sans fil à plus de cent kilomètres; à plus de cent kilomètres aussi ils ont pu échanger des communications avec les vaisseaux de la marine de guerre. Dans un temps très prochain les appareils seront de nouveau perfectionnés en vue de les simplifier le plus possible. Il ne semble pas que l'on soit parvenu en 1903, pas plus qu'en 1902, à se soustraire complètement aux causes de perturbations. Parlant des expériences de 1902, l'INTERNATIONALE REVUE dit que les appareils devenaient inutilisables pendant les phénomènes atmosphériques électriques et pendant la formation des orages. Dans ces circonstances « ces instruments lançaient sans cesse et sans en être requis des télégrammes dans un alphabet qu'on n'est pas encore parvenu à déchiffrer ». Le seul remède, remède incomplet, est l'emploi d'appareils peu sensibles, ce qui implique la limitation de plus en plus étroite de la distance de transmission.

D'autre part, les perturbations occasionnées par le voisinage des postes ont dû être nombreuses et pour éviter qu'elles ne se produisissent ou, tout au moins, pour les réduire à l'extrême minimum, on a dû prendre des précautions spéciales. L'auteur de l'article des V. LÖBELL'S JAHRESBERICHTE dit, en effet, que dans le cas où il y a plus de deux stations dans un rayon de cinquante kilomètres il faut, pour éviter le trouble des communications, confier à un seul officier la direction du service.

Ce n'est pas le lieu de refaire la théorie de la télégraphie sans fil, elle est assez connue et se trouve exposée

avec clarté dans plusieurs ouvrages avec tous les développements scientifiques nécessaires (1). Je rappelle simplement que la longueur des ondes électriques que peut émettre un appareil déterminé n'est pas uniforme ; d'autre part, les instruments enregistreurs accueillent des ondes de longueurs différentes, d'où le phénomène de l'interférence, c'est-à-dire de la superposition de signaux émanant de postes distincts, signaux auxquels s'ajoutent parfois ceux que le Ciel, dans une langue dont il garde le secret, a l'ironie de transmettre lui-même.

On voit donc bien que l'emploi d'un code secret, encore qu'il existe des gens assez habiles pour sonder et découvrir tous les mystères de la cryptographie, n'est pas un moyen décisif de remédier à l'interférence. On a songé à accorder les appareils avec des résonances électriques déterminées à l'exclusion de toutes autres, à réaliser une « syntonie » soit absolue, soit différentielle, absolue dans le cas de l'accord avec une seule résonance, différentielle dans celui de l'accord simultané, mais distinct pour chacune d'elles, avec plusieurs résonances. C'était, dans cette dernière éventualité, rechercher à la fois la syntonie et la multicommunication.

En théorie, c'est parfait et plus d'une fois on a cru avoir fabriqué des instruments irréprochables, mais dans la pratique il en va tout autrement. Certes on a obtenu l'accord sur une oscillation électrique principale, mais on n'a pu empêcher complètement que les appareils n'émettent ou n'enregistrent en même temps des oscillations secondaires et parasites. « Quel que soit le système, disent MM. Boulanger et Ferrié, un récepteur quelconque ne peut être protégé contre les influences atmosphériques, pas plus que contre une transmission énergique, dans une tonalité quelconque, à une distance même considéra-

(1) *La Télégraphie sans fil et les Ondes électriques*, par J. Boulanger et G. Ferrié, 1902 ; *La Télégraphie sans fil. L'œuvre de Marconi*, traduit du SCIENTIFIC AMERICAN de New-York, par Em. Guarini, 1903.

ble (1) ». Récemment le lieutenant de vaisseau Tissot, de la marine française, professeur à l'École navale, s'exprimait comme suit : « Ce qui est plus grave, c'est qu'aucun des dispositifs mis à l'épreuve ne paraît encore susceptible de résoudre le problème pratique de la syntonie, c'est-à-dire capable d'empêcher la surprise et le trouble des communications... En fait, il arrive actuellement que les postes de la côte anglaise et nos postes du littoral de l'océan ou de la Manche enregistrent journellement des messages qui ne leur sont pas destinés (2) ».

Le lieutenant Tissot recommande l'emploi d'appareils enregistreurs peu sensibles, mais, quoi qu'il en soit, une transmission énergique impressionnera toujours de semblables instruments et, d'autre part, un appareil sensible permettra à un ennemi habile de saisir indiscrètement les communications, d'arracher à l'espace les messages les plus secrets qu'on lui confie.

A supposer qu'une syntonie parfaite soit réalisable, elle ne serait pas d'une garantie absolue. Il existe, en effet, des appareils très simples, inventés par M. Ém. Guarini, qui permettent de découvrir dans tous les cas la longueur d'onde employée (3). Pour dérouter les indiscrets, les stations en correspondance devraient donc changer ensemble et continuellement d'accord ; ce ne serait pas pratique, d'autant plus que les appareils de M. Ém. Guarini sont à même de déceler presque instantanément le changement.

Il faut l'avouer, la syntonie n'exclut pas l'interférence. Le problème ne pouvant être résolu directement, on a recouru à des procédés indirects, et c'est aujourd'hui dans l'application simultanée des remèdes directs et des remèdes indirects que réside la meilleure solution.

(1) *La Télégraphie sans fil et les Ondes électriques*, par J. Boulanger et G. Ferrié, 1902.

(2) Revue générale des Sciences, n° du 15 décembre 1903. *L'État actuel de la Télégraphie sans fil.*

(3) Si l'on en croit un article paru dans la presse quotidienne, Le Soir, n° du 1er septembre 1903.

J'ai parlé plus haut de la limitation de la distance, c'est un premier remède indirect qui revient à diminuer l'énergie des appareils émetteurs et la réceptivité des appareils enregistreurs, circonstances favorables à une moindre interférence. Dans le cas où le rayon maximum d'activité pratique des postes ne dépasserait pas cent kilomètres, il semble résulter des expériences des manœuvres impériales allemandes de 1902 que les stations distantes entre elles de plus de cinquante kilomètres ne provoqueraient l'une sur l'autre aucun phénomène.

Il existe un second remède indirect, le plus efficace peut-être, c'est la limitation de l'espace. Les ondes électriques produites par les appareils ordinaires de la télégraphie sans fil, après s'être échappées de l'antenne, se diffusent dans toutes les directions avec des intensités différentes ; en quelqu'endroit de la sphère d'activité de l'appareil émetteur qu'un appareil enregistreur se trouve, il peut, si certaines conditions de réceptivité sont satisfaites, être impressionné. Les messages que l'on confie à l'espace se répètent à l'infini, ils vagabondent dans les airs, pénètrent presque tous les obstacles, escaladent les montagnes, glissent à la surface des eaux, mais partout d'indiscrètes oreilles sont prêtes à les entendre et des bouches à les répéter : ce sont les roseaux du roi Midas ! Il faut mettre un frein à ce vagabondage, il faut discipliner ces ondes errantes, leur faire un chemin aérien ainsi qu'on en fait un au son qui s'échappe du pavillon de la trompette, à la lumière qui jaillit des projecteurs électriques. Les partisans les plus ardents de la syntonie pure et simple se sont ralliés à la limitation de l'espace, tel est le cas, dit M. Ém. Guarini (1), de la compagnie Marconi.

(1) « Nous devons à la loyauté de la Société Marconi de dire qu'ayant interrogé son directeur sur l'opportunité qu'avaient pour elle nos essais de limitation de l'espace, il nous a franchement déclaré que, lorsque nos essais auront donné de bons résultats et que nous pourrons lui présenter un appareil fonctionnant avec certitude, la Compagnie sera très heureuse de l'exa-

Vers la fin de 1902, on signalait (1) que l'on était parvenu à télégraphier sans fil en faisant usage aux stations d'émission et de réception de lentilles de verre, de résine ou de paraffine d'un diamètre de $0^m,80$. Pour une bonne transmission les axes optiques des deux lentilles devaient se confondre et les rayons électriques être parallèles à ces axes. Dans ces conditions, les longueurs d'onde n'étaient au maximum que de $0^m,20$ et les correspondances n'étaient possibles qu'à une distance de quelques kilomètres. Il ne semble pas que ces premières expériences aient eu d'excellents résultats.

L'emploi de réflecteurs et de lentilles ne s'accommode donc qu'avec des ondes électriques excessivement petites. On le savait depuis Hertz. L'illustre physicien, au cours d'expériences faites avec des miroirs paraboliques en zinc, avait essayé inutilement l'usage de ces réflecteurs pour des ondes de sept mètres de longueur (2). L'emploi simultané de réflecteurs et de lentilles diminue de beaucoup l'amplitude des ondes utilisables. Or, à une diminution de la longueur d'onde correspondent une diminution de la période des oscillations électriques et un affaissement de la capacité du circuit d'émission ; les réflecteurs et les lentilles impliquent donc une réduction, même considérable, de la portée pratique des appareils. S'il faut télégraphier au loin, l'établissement de stations « relais » s'impose.

S'il est vrai que le professeur Alessandro Artom aurait enfin trouvé le moyen de localiser les signaux, tout en

miner et, si les résultats sont probants, de discuter les termes de l'achat de l'invention. Je crois que cette déclaration expose suffisamment les idées de la Société Marconi sur le secret des dépêches et que, comme nous, c'est dans la limitation de l'espace qu'elle en voit la solution. Ceci est bon à dire, parce qu'on a trop attaqué dans ces derniers temps la compagnie Marconi à propos de l'inefficacité de la syntonisation. » *La Télégraphie sans fil. L'Œuvre de Marconi*, note 107.

(1) PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT, n° de novembre 1902.

(2) RECUEIL DES TRAVAUX TECHNIQUES DES OFFICIERS DU GÉNIE DE L'ARMÉE BELGE, t. III, 1902. *La Télégraphie sans fil*, par A. Briffaux, capitaine-commandant du génie.

les transmettant à une distance suffisante, et que les autorités maritimes italiennes auraient fait procéder à des expériences dont les résultats auraient été des plus satisfaisants (1), il reste cependant que pour la guerre de campagne tout système basé sur une limitation étroite de l'espace serait d'une application difficile, voire sans rapport avec le rôle particulier que l'on assigne à la télégraphie sans fil. Il faudrait connaître exactement la direction de transmission, donc, *à priori* les emplacements de la cavalerie, des détachements isolés, bref de tous les éléments mobiles d'une armée, éléments appelés à se déplacer sans cesse et souvent à l'insu du commandement. C'est précisément parce que la télégraphie sans fil n'est pas dans la sujétion de ces déplacements que son utilisation a paru si précieuse. La limitation étroite de l'espace supprimerait l'important avantage de correspondre avec tout ce qui se meut loin des quartiers généraux et du généralissime. On objectera qu'il y a peut-être moyen de tout concilier, ce serait l'emploi d'appareils à rotation lançant des ondes d'appel vers tous les points de l'espace jusqu'à ce qu'on y réponde, le système serait alors rendu fixe et la correspondance engagée ; ce serait encore la mise en œuvre successive d'appareils ordinaires, appareils chercheurs, et d'appareils à limitation. A supposer que semblables procédés ne soient pas indignes d'examen, il faudrait encore que leur application ne conduisît pas à une complication inacceptable et à un alourdissement trop sensible du matériel. En tous cas, ce procédé serait subordonné à la réalisation d'un bon système à limitation approprié à un usage militaire, c'est-à-dire ne nécessitant pas l'établissement de « relais » qu'il convient de proscrire d'une façon absolue dans la guerre de campagne — je ne sache pas que les Allemands en aient fait usage au cours des manœuvres impériales — et aussi dans la guerre de

(1) Cosmos, n° du 28 novembre 1903.

siège, à moins qu'on ne considère comme relais un poste installé dans quelque ouvrage isolé de fortification situé entre deux forteresses éloignées que l'on veut mettre en communication.

Donc, de toutes parts, l'utilisation militaire de la télégraphie sans fil se heurte à de notables inconvénients et il semble bien, quoi qu'on fasse, qu'avec les procédés que je viens d'esquisser, on ne réalisera jamais un progrès absolu. Toujours par quelque côté le fonctionnement des postes, fixes ou mobiles, sera aléatoire. La merveilleuse invention de Marconi a promis plus qu'elle n'a tenu, mais les savants et les techniciens doivent-ils se décourager après l'immense effort qu'ils ont fait vers la perfection, effort dont témoigne la multiplicité des appareils et des systèmes ? Je ne le crois pas : la télégraphie sans fil vient de prendre une orientation nouvelle et, ne trouvant rien de définitif en elle-même, a demandé des appuis à côté d'elle dans le domaine de l'électricité. C'est ce que je vais exposer.

En 1898, le professeur Simon, de Göttingen, étudiant la lampe à arc à l'Institut d'Erlangen, en a découvert de curieuses propriétés qui se résument comme suit :

Si dans le circuit d'alimentation de la lampe on intercale un microphone et qu'on l'actionne, l'arc se met à bruire avec une intensité qui peut atteindre un degré tel que le son produit est perceptible par un auditoire d'un millier de personnes. C'est le phénomène de « l'arc-téléphone » ou « arc parlant ». La flamme voltaïque devient donc dans l'occurrence un vibrateur très sensible. Inversement, si l'on concentre sur un arc voltaïque des ondes sonores, et qu'on intercale dans le circuit d'alimentation un téléphone, celui-ci sera sensible à l'action des ondes. C'est le phénomène de « l'arc-microphone », beaucoup plus difficile, toutefois, à réaliser que le précédent.

L'important n'est pas l'arc-microphone, mais l'arc-téléphone, auquel, en augmentant la fréquence des vibrations produites par l'action microphonique, on peut faire émettre des sons purs ; c'est le phénomène de « l'arc chantant », qui, au point de vue de la télégraphie sans fil, doit nous rendre attentifs (1). Si les vibrations étaient assez rapprochées, 1 000 000 par seconde, tout en étant isochrones, le problème serait résolu ; l'arc voltaïque serait susceptible d'émettre sur une oscillation électrique unique des dépêches hertziennes que l'on recueillerait au moyen d'une antenne accordée avec l'arc sur cette même oscillation. Ce serait la « syntonie » de l'avenir que définit en ces termes le R. P. J.-D. Lucas, S. J. : « Expédier sur une note électrique unique aussi pure que possible et, d'autre part, recevoir sur une antenne qui, accordée sur la même note, recueille avec soin toutes les ondulations de période répondant à cette note et les conduit avec un maximum d'intensité à l'oreille électrique qui est le radioconducteur, tandis qu'elle amortit, étouffe, pour ainsi dire, tous les autres ébranlements de l'éther qui viennent l'atteindre (2) ». Si ces conditions étaient réalisées, on pourrait concevoir des appareils syntonisés pour une ou plusieurs notes, pour toute une gamme ; l'on donnerait la « note » aux stations télégraphiques, comme on donne le « mot d'ordre » aux avant-postes.

Malheureusement, on n'en est pas encore là. L'arc voltaïque, sous l'action microphonique, n'est susceptible que de 50 000 vibrations (3) par seconde, vingt fois moins qu'il ne faudrait. Directement donc le problème n'est pas

(1) REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, juillet 1902, *Arc-téléphone*, par le R. P. Lucas, S. J.; octobre 1902, *Arc chantant*, par le R. P. Lucas, S. J.

(2) IBID., octobre 1902, *Arc chantant*, par le R. P. Lucas, S. J.

(3) Peut-être plus, car il paraît que le professeur Simon a accompli un progrès décisif, dont communication a été faite au « Congrès des naturalistes et des médecins allemands » réuni à Cassel au mois de septembre 1903. Voir REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES PURES ET APPLIQUÉES, n° du 15 novembre 1903.

résolu, mais on a trouvé un moyen indirect de le résoudre pour de courtes distances et, vraisemblablement, en limitant l'espace de transmission. C'est le procédé de M. E. Rhumer.

Tout le monde connaît les différents systèmes de télégraphie optique basés sur l'émission de signaux Morse au moyen d'une source lumineuse. Ces signaux ont le grand inconvénient d'être visibles et, par conséquent, d'être percevables par l'ennemi. Celui-ci ne parviendrait pas à les surprendre si aux oscillations lumineuses apparentes on substituait des oscillations susceptibles d'être enregistrées, mais échappant à l'œil nu ou aux jumelles. Dans ce cas, l'adversaire se tromperait étrangement sur les variations éventuelles d'intensité de la lumière signal, qui ne pourraient provenir que de causes étrangères à l'échange des communications, telles que l'état du ciel, le dégagement de vapeurs, etc. — Voici comment on opère :

On superpose au circuit à courant continu d'une lampe électrique installée au foyer d'un projecteur un autre courant continu que l'on interrompt mécaniquement à volonté, de façon à faire varier l'intensité lumineuse sans qu'il y paraisse à la vue. C'est l'appareil d'émission. A la station réceptrice, au centre d'un réflecteur parabolique, se trouve une pile au sélénium dans le circuit de laquelle on intercale, soit un téléphone, soit un appareil enregistreur. Le sélénium a la propriété d'opposer de la résistance à la circulation des courants électriques, mais cette résistance diminue sous l'influence de la lumière ; si donc celle-ci varie d'intensité, le courant de la pile sera plus ou moins énergique. D'où la possibilité de télégraphier ou de téléphoner à distance sans fil (1).

Les premiers essais ont laissé probablement à désirer ; il faut noter, en effet, que le sélénium est une substance variable — mais on annonce (2) que M. E. Rhumer a

(1) Revue Scientifique (Revue Rose), n° du 14 novembre 1903.
(2) Ibid., n° du 19 décembre 1903.

perfectionné son appareil de façon à ce qu'il soit utilisable en cas de brouillard et de perturbations atmosphériques et à des distances de sept, huit et même douze kilomètres.

En somme, du moins au point de vue militaire, on se trouve actuellement en présence d'un problème inverse par rapport à celui offert à la perspicacité des spécialistes au lendemain des expériences du *Carlo Alberto* et des communications lointaines, par dessus l'Atlantique, entre la Cornouailles et le Canada. On comprit alors qu'il s'agissait de refréner l'humeur indisciplinée des ondes électriques, de calmer leur emportement, de les adoucir, de les canaliser et on en chercha le moyen dans la limitation de la distance et dans la limitation de l'espace. Aujourd'hui, c'est tout le contraire ; il s'agit de donner aux ondes électriques produites par les nouveaux appareils une énergie plus considérable et, pour certaines éventualités, de les diffuser davantage à travers les airs afin qu'il soit possible sans une longue préparation de correspondre au moyen d'une seule installation dans toutes les directions.

S'il s'agit de communications permanentes à établir entre les forteresses et, surtout, entre les différents ouvrages d'une même place forte, les systèmes basés sur les procédés de MM. Simon et Ruhmer, abstraction faite de leurs avantages intrinsèques sur les systèmes en usage jusqu'ici, seraient encore à leur préférer s'ils offraient à l'ennemi des installations moins vulnérables que celles constituées par les mâtures et les haubans dont on se sert communément dans les postes fixes de télégraphie sans fil. Ce danger de destructibilité dont j'ai eu l'occasion de parler déjà au cours de cette étude à propos du champ de bataille naval (1) est aussi à considérer dans la guerre de siège. Un pareil danger existe en ce qui concerne les phares électriques des forts cuirassés ; il a été signalé, il y a un an environ, par l'auteur anonyme d'un article des

(1) Page 539.

mieux rédigés sur l'emploi de l'électricité à l'intérieur de ces ouvrages de fortification (1). Certes, si la distance ou la configuration du sol exigeait que l'on dressât des mâts élevés pour l'usage de la télégraphie sans fil et dont les accessoires ne manqueraient pas d'occuper une surface relativement considérable, ces installations seraient précaires vis-à-vis de la portée et des effets des puissants canons que contiennent les parcs de siège modernes. Mais les nouveaux appareils, à ce point de vue, présentent-ils une supériorité sur les anciens ? Je n'en sais rien ; ils ne sont pas suffisamment connus, et, du reste, la question ne pourrait être utilement examinée qu'au cas où leur puissance de transmission serait notablement augmentée ; en Belgique, par exemple, pour relier Anvers, Liége et Namur, il faudrait qu'elle atteignît une centaine de kilomètres. Enfin, le desideratum formulé déjà quant à l'emploi éventuel de la télégraphie sans fil sur le champ de bataille naval (2), peut se reproduire ici, à savoir que les meilleurs systèmes à affecter aux ouvrages de fortification seraient des systèmes internes. Outre tous les perfectionnements que la télégraphie sans fil doit encore réaliser, réalisera-t-elle aussi celui-là ? C'est à l'avenir de répondre.

C'est surtout l'application de la télégraphie sans fil à la guerre de siège qui doit nous préoccuper en Belgique ; son application à la guerre de campagne est pour nous moins importante, j'entends parler des liaisons entre les différents éléments des troupes en campagne et non pas de leurs liaisons avec les forteresses. Aussi bien, l'armée belge est relativement peu nombreuse et son champ d'opérations relativement peu étendu, puisqu'elle ne peut sortir du territoire national ; en ce qui la concerne particulièrement, les moyens actuels de communications semblent suffire. Il en est autrement si l'on considère la grande

(1) Revue de l'Armée belge, 27 année, tome IV. *Installations électriques dans les forts cuirassés*, par Pro.

(2) Page 559.

utilité, la nécessité même de conserver des correspondances sûres entre les différentes places fortes et entre ces places et les troupes de campagne. De nos jours, lorsqu'une place est investie, les moyens pour correspondre au loin avec le dehors sont des plus aléatoires, ce sont la ruse, les pigeons voyageurs et les ballons ; le siège de Paris nous a appris quel rôle le hasard joue dans les résultats que ces moyens peuvent procurer. Il y a là une lacune qu'avec la télégraphie sans fil on aurait chance de combler.

C'est en 1899 que l'étude de la télégraphie sans fil au point de vue militaire fut entreprise en Belgique par la Compagnie des télégraphistes de place et d'artificiers du génie (1). En 1903, lors des manœuvres en terrain varié, des essais de transmission de dépêches hertziennes ont été faits entre la citadelle de Namur et le fort de Huy. Leur description assez détaillée, et qui semble exacte, a été publiée par la presse (2). Les expérimentateurs (3) n'ont eu à leur disposition que des moyens limités, mais grâce à leur science et à leur habileté, ils en ont tiré le meilleur parti.

Le fait le plus intéressant est la constatation que l'ossature métallique de l'Hôtel de la Citadelle, à Namur, a pu être substituée à l'antenne réceptrice. Antérieurement, M. Ém. Guarini avait déjà utilisé pour la réception des ondes électriques le toit en zinc d'un pavillon situé dans un bois. Dans certains cas on serait donc dispensé de dresser de hautes mâtures aux postes récepteurs. Mais, dans ces conditions, l'enregistrement des correspondances est-il suffisamment régulier ? D'ailleurs, pour l'émission des télégrammes, la nécessité de l'érection de dispositifs

(1) Actuellement « Compagnie de télégraphistes du génie » par suite de la fusion de la « Compagnie de télégraphistes de place et d'artificiers » et de la « Compagnie de télégraphistes de campagne ».

(2) Journal Le Soir, nos des 1er et 8 septembre, 1903.

(3) R. P. Lucas, S. J., M. Em. Guarini, Lieutenant Poncelet.

élevés reste debout, dispositifs qui pour des relations à établir entre Namur et Huy devaient atteindre 25 à 30 mètres de hauteur.

Je termine ici ce que je me proposais de dire sur la télégraphie sans fil ; elle est à un tournant important de son histoire et, peut-être, au moment où j'écris quelque perfectionnement décisif, quelque découverte féconde aura donné à ce récent et admirable instrument de correspondance une précision sinon parfaite — car rien n'est parfait ici-bas — du moins égale à celle qu'il a été donné d'acquérir à la télégraphie ordinaire.

Un tel progrès ne serait pas pour déplaire aux techniciens militaires. La guerre n'a pas cessé de vivre d'énergie et de volonté, mais elle dépend beaucoup plus de la science et de l'industrie qu'autrefois. La spécialisation s'impose dans les institutions militaires, comme ailleurs, car elles participent au développement de la civilisation qui se résume, en somme, dans une plus grande division du travail. Aussi, l'organisme des armées se complique et les talents les plus divers sont appelés à lui donner le mouvement et la vie. Cette nécessité, sur laquelle on fermait les yeux il y a quelques années encore, est aujourd'hui apparente, et l'Allemagne vient de lui donner une consécration pratique en élargissant le cercle de recrutement des officiers afin d'amener dans les rangs des hommes d'aptitudes différentes (1). Je m'arrête dans cette digression, dont le sujet est autrement important que celui qui m'a amené à m'y livrer ; la télégraphie sans fil n'est pas appelée à provoquer une réorganisation des armées ou une rénovation de l'art de la guerre ; il ne s'agit pas d'une invention qui bouleverse tout comme celles de la poudre à canon, des armes rayées, des obus-torpilles ou du fusil à répétition.

(1) D'une part, l'examen d'enseigne (candidat-officier) a été rendu plus facile, d'autre part, les brevets des sous-lieutenants porteurs du diplôme d'études moyennes complètes (abiturienten), ou ayant fréquenté les universités, peuvent être antidatés.

Cependant la télégraphie sans fil est susceptible d'être un élément de notable perfectionnement pour le service des ordres et des renseignements, service capital s'il en fût, qui prépare les opérations et facilite les conceptions du généralissime ; à ce titre elle méritait bien qu'on en parlât.

Capitaine commandant C. BEAUJEAN.

Février 1904.

Principales sources consultées, outre celles déjà renseignées :

La Télégraphie sans fil, par André Broca, 1899.

La Télégraphie sans fil (Petite encyclopédie scientifique et industrielle), 1er janvier, 1900.

La Télégraphie sans fil expliquée au public, par Richard Popp, 1902.

REVUE DES DEUX MONDES. *La Télégraphie sans fil*, par A. Dastre, 1er mai 1899.

BULLETIN DE LA PRESSE ET DE LA BIBLIOGRAPHIE MILITAIRES. *La Télégraphie sans fil*, 15 avril 1902.

REVUE MARITIME, tome CLV, octobre-novembre-décembre 1902. *La Télégraphie sans fil et la Guerre navale*, traduit et adapté de l'anglais (ARMY AND NAVY REGISTER, mai 1902) et de l'italien (RIVISTA NAUTICA, mai 1902) par l'enseigne de vaisseau de Labhrouhe de Laborderie.

LES ORIGINES DE LA STATIQUE [1]

Chapitre V

LES SOURCES ALEXANDRINES DE LA STATIQUE DU MOYEN AGE

Le géographe qui veut décrire le bassin d'un vaste fleuve marque d'abord, à grands traits, la marche des principales rivières qui servent à former ce cours d'eau ; puis, revenant sur cette description provisoire et sommaire, il détaille les sinuosités des mille ruisselets dont les eaux viennent grossir les principaux affluents.

Ainsi devons-nous faire en cette étude sur les Origines de la Statique. Nous avons résumé, tout d'abord, les idées abondantes et fécondes que contiennent les écrits d'Aristote, d'Archimède, de Léonard de Vinci ; nous avons vu comment, par l'intermédiaire des heureux plagiats de Cardan, les pensées du grand peintre étaient venues féconder le XVIe siècle.

Mais nous n'avons encore obtenu qu'une esquisse grossière du développement que la Statique a subie de l'antiquité à la Renaissance ; aux traits essentiels que nous avons marqués, une foule de détails doivent être ajoutés.

Pour fixer ces détails, nous avons dû nous imposer un pénible labeur ; nous avons dû dépouiller et compulser les nombreux manuscrits, relatifs à la Statique, que ren-

(1) Voir Revue des Questions scientifiques, octobre 1903, pp. 463-516.

ferment la Bibliothèque Nationale et la Bibliothèque Mazarine ; ce dépouillement nous a permis, croyons-nous, de découvrir plus d'une source, inconnue ou méconnue jusqu'ici, dont les eaux ont largement contribué à former la science moderne ; mais, malgré nos investigations, bien des questions demeurent encore obscures ; nous ne doutons pas que des recherches, analogues aux nôtres, poursuivies dans les principales bibliothèques de l'Europe, ne donnent aux esprits curieux de nouvelles trouvailles, ne leur permettent de combler les lacunes que nous avons dû laisser béantes et ne les conduisent, peut-être, à modifier quelques-unes de nos conclusions.

Avant d'aborder l'étude du traité de Statique fondamental qu'a produit, au moyen âge, l'énigmatique Jordanus de Nemore, il nous faut recueillir les débris, épars parmi les manuscrits, des écrits composés à Alexandrie sur la science de l'équilibre. Ce sera l'objet du présent Chapitre.

1. *Les écrits attribués à Euclide*

Les idées dont nous nous proposons de suivre l'évolution compliquée sont issues en partie de la science grecque ; non seulement nous aurons à démêler l'influence exercée au moyen âge, sur Jordanus de Nemore, par certains passages des Μηχανικὰ προβλήματα d'Aristote, mais encore il nous faut rechercher l'origine de quelques-unes de ces idées en un fragment attribué à Euclide.

Bien que l'antiquité grecque n'attribue à Euclide aucun écrit sur la Mécanique, le nom de ce grand géomètre revient fréquemment dans les livres des auteurs arabes qui ont écrit sur la Statique, et trois fragments relatifs à la Mécanique sont donnés comme de lui.

Le premier de ces fragments ne semble pas avoir été connu, au moyen âge, par les géomètres occidentaux ; il a été signalé, en 1851, par le Dr Woepcke, qui l'a traduit

de l'arabe et publié dans le JOURNAL ASIATIQUE (1) sous le titre : *Le livre d'Euclide sur la balance.* Le texte de ce traité se trouve dans le manuscrit n° 952.2 du Supplément arabe de la Bibliothèque Nationale, manuscrit composé à Chîrâz en l'an 358 de l'hégire (970 de notre ère).

« Dans un autre exemplaire, dit le Dr Woepcke, j'ai trouvé ce livre attribué aux Benî Moûçâ, collationné avec l'exemplaire d'Aboûl Hoçaïn Alsoûfî. Cette circonstance s'expliquerait par la supposition que les Benî Moûçâ auraient traduit ou revu ce traité, et qu'un copiste aurait omis le nom de l'auteur original. » A l'appui de l'opinion qui attribuerait ce traité à Euclide, le Dr Woepcke signale la mention qui est faite de démonstrations d'Euclide sur le levier dans un certain traité *De canonio* que renferme un manuscrit de la Bibliothèque Nationale. Mais, au § 3, nous aurons à revenir sur le traité *De canonio* et sur la mention qu'il renferme ; nous verrons que cette mention a trait non point à l'écrit traduit par le Dr Woepcke, mais à un autre écrit également donné comme d'Euclide.

A l'encontre de l'opinion du Dr Woepcke, M. Maximilian Curtze (2) n'hésite pas à regarder le traité de la balance comme un traité arabe dû à quelqu'un des fils de Mûzâ ibn Schâkir, à l'un des *trois frères* Muhammed, Ahmed et Alhasan, dont le livre de géométrie fut si célèbre au moyen âge ; M. Heiberg (3) se range à cet avis. M. Curtze rappelle en effet, d'après M. Steinschneider (4), que l'un des *trois frères,* l'un des Benî Moûçâ, avait écrit un livre sur la balance ; ce livre aurait été ensuite déve-

(1) Dr Woepcke, *Notice sur des traductions arabes de deux ouvrages perdus d'Euclide* (JOURNAL ASIATIQUE, 4e série, t. XVIII, p. 217 ; 1851).

(2) Maximilian Curtze, *Das angebliche Werk des Euklides über die Waage* (ZEITSCHRIFT FÜR MATHEMATIK UND PHYSIK, XIXer Jahrgang, 1874, p. 263).

(3) Heiberg, *Litterargeschichtliche Studien über Euklid*, Leipzig, 1882, p. 11.

(4) Steinschneider, *Intorno al Liber Karastonis. Lettera a D. Baldassare Boncompagni* (ANNALI DI MATEMATICA, t. V, p. 54 ; 1863).

loppé par Thâbit ibn Kurrah et l'écrit de Thâbit ibn Kurrah, que nous possédons, ne serait, en effet, qu'une amplification de l'écrit publié par M. Woepcke.

Mais toute cette argumentation nous semble caduque. Nous aurons à parler longuement, au § 2, du livre de Thâbit ibn Kurrah ; nous verrons, par le témoignage très explicite de l'auteur, que son écrit n'est point l'amplification d'un traité arabe, mais le commentaire d'un ouvrage grec ; d'ailleurs, les problèmes traités dans l'ouvrage de Thâbit sont, pour la plupart, étrangers au *Livre sur la balance ;* si le problème de l'équilibre du levier y est traité, comme il l'est dans l'écrit que le Dr Woepcke attribue à Euclide, il y est résolu par une tout autre méthode, par la méthode d'Aristote.

Une autre raison peut être invoquée pour prouver que l'écrit en question est d'origine grecque.

M. Hultsch a fait cette remarque curieuse que les traités arabes traduits du grec gardent, en quelque sorte, l'estampille de leur origine dans la suite des lettres qui servent à noter les divers points des figures ou les diverses grandeurs dont on raisonne ; ces lettres se succèdent toujours ainsi :

$$a,\ b,\ c \text{ ou } g,\ d,\ e,\ z,\ h,\ t,$$

reproduisant l'ordre de l'alphabet grec :

$$\alpha,\ \beta,\ \gamma,\ \delta,\ \varepsilon,\ \zeta,\ \eta,\ \theta.$$

Or, cette sorte de marque de fabrique se retrouve dans les figures du traité publié par M. Woepcke et nous assure que ce traité représente un fragment de la science hellène.

Il n'en résulte pas que ce fragment puisse, au moins dans son état actuel, être attribué à Euclide ; des quatre propositions qui le composent, les deux premières sont établies par une suite de considérations où les contradic-

tions se pressent, où il est impossible d'apercevoir trace de raisonnement concluant ; on ne saurait, sans injure, regarder cet entassement de paralogismes comme issu du génie logique auquel nous devons les *Éléments*.

Il semble qu'il faille voir, dans le traité qui nous occupe, l'œuvre d'un bon géomètre, défigurée par quelque commentateur maladroit ; celui-ci aurait voulu démontrer deux postulats indémontrables et en aurait fait les deux théorèmes illogiques que nous avons mentionnés. Ces additions malencontreuses seraient elles-mêmes non d'origine arabe, mais de source grecque, à en juger par l'ordre des lettres employées dans les figures.

Débarrassé de ces démonstrations parasites et vicieuses, le traité débuterait par quatre axiomes ; les deux premiers, qui y sont effectivement énoncés, sont les suivants :

« *Axiome I.* Lorsque deux poids égaux sont suspendus aux deux extrémités d'un fléau droit, d'épaisseur uniforme, et que le fléau à son tour est suspendu, par le point qui se trouve au milieu entre les deux poids, à un arbre de balance, le fléau demeure parallèle au plan de l'horizon.

» *Axiome II.* Lorsque deux poids égaux ou inégaux sont appliqués aux deux extremités d'un fléau, celui-ci étant suspendu à un arbre de balance, en un de ses points, de telle sorte que les deux poids maintiennent le fléau parallèle à l'horizon ; qu'ensuite l'un des deux poids soit laissé à sa place à l'extrémité du fléau ; que l'on mène de l'autre extrémité du fléau une droite, formant avec celui-ci un angle droit, de tel côté que l'on voudra ; et qu'on suspende l'autre poids en un point quelconque de cette droite ; le fléau restera parallèle au plan de l'horizon.

» C'est pourquoi le poids n'est pas changé si l'on raccourcit les cordons de l'un des deux bassins et si l'on prolonge ceux de l'autre bassin. »

Les pseudo-démonstrations des propositions I, II et III impliquent les deux axiomes suivants :

« *Axiome III.* Si des poids maintiennent un fléau de

balance parallèle à l'horizon et si l'on suspend un nouveau poids quelconque au point de suspension du fléau, celui-ci demeure parallèle à l'horizon.

» *Axiome IV*. Si des poids en nombre quelconque maintiennent un fléau de balance parallèle à l'horizon; si Z, D, sont deux de ces poids suspendus à un même bras du fléau; si l'on éloigne le poids Z du point de suspension de la balance d'une certaine longueur et si l'on rapproche le poids D du point de suspension de la même longueur, le fléau demeure parallèle à l'horizon. »

Cet axiome, qui rend logique la démonstration de la proposition III, conduit l'auteur à la notion de *puissance de poids*, notion que nous nommerions aujourd'hui le

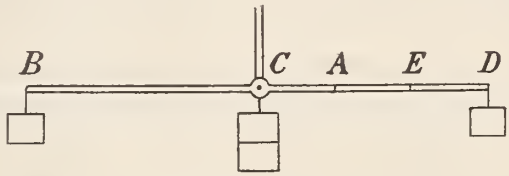


fig. 15.

moment du poids par rapport au point de suspension; elle lui montre que cette puissance diminue par degrés égaux lorsqu'on diminue de segments égaux la distance du poids au point de suspension du fléau.

Ces axiomes donnent, en la proposition IV, une élégante démonstration de la loi du levier; résumons en quelques lignes cette démonstration :

Imaginons un levier AB dont le point d'appui est C *(fig. 15)* et supposons le bras de levier CB triple du bras de levier AC. Un poids P est suspendu en B; quel poids faut-il suspendre en A pour lui faire équilibre?

Prolongeons CA d'une longueur AD telle que CD = AB; AD sera double de CA. En D, suspendons un poids égal à P, et en C deux autres poids égaux à P. D'après nos trois premiers axiomes, le fléau sera en équilibre.

D'après notre quatrième axiome, nous pouvons amener au milieu E de AD le poids qui était en D, et amener en A l'un des deux poids qui étaient en C ; le fléau demeurera parallèle à l'horizon ; il demeurera encore parallèle à l'horizon si l'on amène en A le poids déjà amené en E et le second des poids suspendus en C ; le fléau sera donc parallèle à l'horizon si l'on suspend en B un poids P et en A un poids triple de P.

Cette démonstration, qu'il est aisé de généraliser, conduit à la loi bien connue de l'équilibre du levier.

Il nous paraît donc que, sous des maquillages et des altérations qui remontent sans doute à l'antiquité grecque, le fragment exhumé par le Dr Woepcke laisse deviner une intéressante relique de la science hellénique ; l'auteur s'est proposé de démontrer la loi de l'équilibre du levier non pas à partir d'un principe général de Dynamique, comme le fait Aristote, mais au moyen de postulats auxquels leur simplicité et l'expérience de chaque jour confèrent une sorte d'évidence ; sa méthode est donc celle dont Euclide a donné, dans ses Éléments de géométrie, d'inoubliables modèles, celle qu'Archimède a adoptée lorsqu'il a voulu traiter de la Statique ou de l'Hydrostatique ; mais l'application qu'il a faite de cette méthode est très inférieure à celle qu'Archimède en a donnée en démontrant la même loi de l'équilibre du levier. Il ne serait donc pas impossible que l'écrit sur la balance, dont nous ne possédons plus qu'une réplique étrangement déformée, fût antérieur à Archimède et contemporain d'Euclide.

C'est d'un autre texte, également attribué à Euclide, que nous allons maintenant nous occuper.

Ce fragment est connu depuis fort longtemps. Herwagen (Herwagius) en inséra une traduction latine dans l'édition des œuvres d'Euclide qu'il donna à Bâle en 1537 ; cette traduction fut reproduite exactement dans les éditions des mêmes œuvres données à Bâle en 1546 et 1558 ; Gregory l'a insérée, avec une correction tacite, dans

l'édition d'Euclide qu'il publia à Oxford en 1747. En 1565, Forcadel publia à Paris le *Livre des Poids*, faussement attribué à Archimède ; il inséra, à la suite de cet ouvrage, une traduction française du texte latin donné par Herwagen.

Au sujet de l'origine de ce fragment, qu'il intitule *De ponderoso et levi*, Herwagen (1) ne donne que ce renseignement sommaire : « Dans le temps même que cette œuvre touchait à sa fin, quelqu'un m'apporta un petit livre ou plutôt un fragment (car il paraît mutilé) *De levi et ponderoso ;* je l'ai ajouté... »

En ces dernières années, M. Maximilien Curtze a découvert à Dresde, dans le Manuscrit catalogué Db. 86, une copie latine du petit traité attribué à Euclide ; il l'a publiée (2) en reproduisant en regard le texte, légèrement différent, qu'avait donné Herwagen.

Cette publication ne peut laisser de doute sur l'origine grecque du fragment ; les lettres qui servent à désigner les grandeurs dont on raisonne se succèdent dans l'ordre *a*, *b*, *g*, *d*, *e*, *z*, *h*, *t*, parfois légèrement troublé par le copiste, qui a lu, par exemple, *r* au lieu de *z*.

Le titre exact du fragment manuscrit est : *Liber Euclidis de gravi et levi et de comparatione corporum ad invicem*. Sans analogie avec le *Livre de la balance*, exhumé par le Dr Woepcke, ce *Livre du grave et du léger* est consacré au principe fondamental de la Dynamique aristotélicienne dont il donne le commentaire le plus précis que nous possédions. Il procède, en effet, à la manière d'Euclide, par définitions et théorèmes.

Parmi ces définitions, citons celles-ci, où l'empreinte péripatéticienne est profondément marquée :

« On nomme corps égaux en vertu *(virtus)* ceux qui

(1) Cf. Heiberg, *Litterargeschichtliche Studien über Euklid*, p. 10.

(2) Maximilian Curtze, *Zwei Beiträge zur Geschichte der Physik* (BIBLIOTHECA MATHEMATICA, 3te Folge, Bd. I, p. 51 ; 1900).

parcourent des espaces égaux en des temps égaux au sein du même air ou de la même eau.

« Ceux qui parcourent des espaces égaux en des temps différents sont dits différents en vertu *(fortitudo)*.

« Et celui qui a le plus de vertu *(virtus)* est celui qui a mis le moins de temps. »

Les mots *virtus*, *fortitudo* ont visiblement ici le même sens que les mots δύναμις, ἰσχύς employés, en des circonstances analogues, par Aristote (1).

Que l'on ne s'étonne pas de voir l'auteur du *Livre du grave et du léger* tenir compte, en ses définitions, de l'influence du milieu, et que l'on n'y voie pas une marque nécessaire des découvertes d'Archimède ; la Physique Aristotélicienne, en effet, admettait, elle aussi, que le milieu influe sur la vitesse de chute des corps ; cette vitesse est d'autant plus grande que le milieu est moins dense ; dans le vide, elle deviendrait infinie ; et de là, le Stagirite tirait un des principaux arguments contre la possibilité du vide. Ce n'est point à dire, d'ailleurs, que l'on ne puisse citer des arguments en faveur de l'opinion qui placerait après Archimède la composition du *De ponderoso et levi*. Les manuscrits du moyen âge renferment un élégant petit traité sur la détermination des poids spécifiques ; notre Bibliothèque Nationale en possède, en son *fonds latin*, au moins trois copies, insérées aux Mss. 7215, 7377 B et 10252. Curtius Trojanus l'a imprimé, d'une manière très fautive d'ailleurs, à la suite du *Jordani opusculum de ponderositate* qu'il édita, à Venise, en 1565. Ce traité, parfois attribué à Archimède, lui est sûrement postérieur. Or, la parenté de ce petit traité avec le *De ponderoso et levi* est des plus claires. Le traité du pseudo-Archimède reprend, à ses débuts, quelques-unes des définitions du *De ponderoso et levi ;* peut-être, primitivement, se trouvait-il simplement faire suite à ce dernier. Il ne

(1) Aristote, Φυσικῆς ἀκροάσεως, H, ε.

paraît point douteux, en tous cas, que ces deux écrits soient de la même École ; s'ils ne sont pas exactement de la même époque, le traité du pseudo-Archimède serait l'œuvre d'un continuateur du *De ponderoso* ; ce n'est point sans raison qu'en 1565, l'abbé Forcadel réunissait ces deux fragments, qu'il publiait en français, à Paris, comme représentant le *Livre des Poids* d'Archimède.

L'auteur du *Livre du grave et du léger* définit ce qu'il nomme *corps de même genre*, ce que nous appellerions aujourd'hui *corps de même poids spécifique* :

« On nomme corps de même genre ceux qui, pris sous des volumes égaux, ont une même vertu.

» Si des corps de même volume sont de vertus différentes par rapport au même air ou à la même eau, ils sont dits de genres différents.

» Et celui qui a le plus de vertu est dit le plus dense *(solidius)*. »

Mais les propriétés qui se rattachent pour l'auteur grec à cette notion de *corps de même genre* sont bien différentes de celles que nous attribuons aujourd'hui aux *corps de même poids spécifique* ; il démontre, en effet (propositions II et III), que des corps de même genre ont des vertus proportionnelles à leurs grandeurs ; c'est-à-dire, selon ses propres définitions, que leurs vitesses de chute sont proportionnelles à leurs volumes. Une telle loi, contraire à celle que l'on admet depuis Benedetti et Galilée, est, au contraire, une des lois essentielles de la Physique d'Aristote. L'auteur grec, d'ailleurs, dans la démonstration qu'il en donne, admet implicitement ce postulat : *Quand on réunit deux graves en un seul, leurs vitesses de chute s'ajoutent* ; ce fut le titre de gloire de J.-B. Benedetti de ruiner la confiance accordée à ce postulat par toute l'antiquité.

Réduit à ce qu'ont publié Herwagen et M. M. Curtze, le *Liber de gravi et levi* se présente comme l'exposé le plus précis que nous possédions des principes de la Dynamique

d'Aristote ; il n'aurait aucunement trait à la science de l'équilibre qui nous occupe seule en ce moment ; mais Herwagen nous a déjà averti que cet écrit semblait être un fragment mutilé ; ne pourrait-on retrouver quelque trace des propositions qui, sans doute, lui faisaient suite en l'ouvrage original ?

Un manuscrit conservé à la Bibliothèque Nationale (1), et qui paraît être du XVIe siècle, contient, sous ce titre : *Incipit liber Euclidis de ponderibus et levitatibus corporum ad invicem*, une réplique de l'écrit qui nous occupe ; le copiste a inscrit, à la fin, cette mention : *Explicit, quia plus non invenitur*, où se retrouve l'affirmation que le *Livre du léger et du grave* est un fragment mutilé.

Ce nouveau texte renferme, avec des variantes insignifiantes, presque tout ce qu'a publié M. M. Curtze ; mais un autre morceau s'y vient enchâsser de la manière la plus étrange. A peine la démonstration de la proposition que M. Curtze note comme la quatrième est-elle ébauchée que l'on voit le texte devenir incompréhensible ; les mots n'ont plus aucun rapport avec ceux qui précèdent ; bientôt, on reconnaît que la démonstration, dont la suite fait défaut, s'est soudée à la dernière partie de l'énoncé d'une proposition nouvelle.

Cette proposition, que nous allons désigner par la lettre B, nous dirons tout à l'heure par quel heureux concours de circonstances nous en avons pu retrouver le texte intégral. Notre fragment en contient la brève démonstration, que suivent les énoncés et les démonstrations très sommaires de trois autres propositions, également nouvelles ; nous les nommerons, en les prenant dans l'ordre où les présente notre manuscrit, les propositions C, A et D. Enfin le tout se termine par la quatrième et dernière proposition du fragment publié par M. Curtze.

Les propositions A, B, C, D, rangées dans cet ordre,

(1) *Bibliothèque Nationale*, Ms. 10260 (fonds latin).

composent au *Livre du grave et du léger* une suite très logique, et d'une haute importance pour l'histoire de la Statique (1).

La proposition A peut s'énoncer ainsi : *Un fléau de balance étant primitivement parallèle à l'horizon, si ses deux extrémités tournent en même temps, leurs vertus seront en même rapport que les chemins qu'elles décrivent.*

Cette proposition, où le mot vertu (*virtus*) se retrouve avec un sens voisin de celui qu'il a pris au *Livre du grave et du léger*, est accompagnée d'un très court commentaire. Sa parenté avec la démonstration de la loi du levier qu'a donnée Aristote dans ses Μηχανικὰ προβλήματα n'est point douteuse. Mais, à les considérer attentivement, on voit que les deux démonstrations sont, pour ainsi dire, inverses l'une de l'autre ; Aristote admet en principe que la vertu d'un poids pendu à un levier est proportionnelle à la vitesse avec laquelle se meut ce poids lorsqu'on fait tourner le levier et, de ce principe, il tire la condition d'équilibre de deux poids suspendus à des distances différentes du point d'appui. Notre auteur procède tout différemment ; ce qui était pour Aristote un premier principe devient pour lui une proposition qui fait l'objet d'une démonstration. En cette démonstration, d'ailleurs, il se borne à prouver que les chemins parcourus par les extrémités sont entre eux comme les bras du levier. La démonstration ne devient concluante que si l'on suppose précédemment établie la proportionnalité entre la vertu d'un poids suspendu à un levier et la distance de ce poids au point d'appui.

Notre proposition A devait donc être précédée de l'évaluation de cette *vertu* d'un poids suspendu à un fléau de balance, de l'établissement de la loi d'équilibre du levier. Sa rédaction même nous avertit qu'une lacune la précède et nous indique la nature des considérations qui pour-

(1) Nous espérons pouvoir prochainement publier le texte de ces propositions, ainsi que les divers textes inédits dont il est question dans ce Chapitre.

raient combler cette lacune. Or, voici qu'un rapprochement s'impose ; cette lacune serait très exactement remplie par le *Livre de la balance* qu'a exhumé le Dr Woepcke ; débarrassé des démonstrations fausses qui sont venues l'altérer, ce livre nous fournirait l'établissement direct de la règle du levier, la preuve qu'un poids suspendu à un fléau de balance a une *vertu* ou une *puissance de poids* proportionnelle à sa distance au point de suspension. La soudure semble se faire de la manière la plus naturelle entre notre proposition A et le *Livre de la balance* publié par le Dr Woepcke.

L'examen de la proposition B ne fait que confirmer l'opinion qui rapproche ces fragments.

Cette proposition est énoncée sous la forme d'un problème, visiblement suggéré par l'emploi de la balance romaine : *On prend un cylindre homogène ; on le divise en deux parties inégales et on le suspend par le point de division ; quel poids faut-il suspendre à l'extrémité du bras le plus court pour établir l'équilibre ?*

A partir du point de suspension, dit notre auteur, supprimons du grand bras une longueur égale au petit bras ; soit *ab* ce qui reste ; le poids cherché sera au poids du segment *ab* dans le rapport où la distance entre le milieu du segment *ab* et le point de suspension est au petit bras du fléau.

Pour justifier cette solution exacte, l'auteur se borne à cette courte remarque : « Car si l'on réunit en une seule masse la matière *ab* et si on la place au point milieu du lieu qu'elle occupait, le fléau demeure en équilibre comme précédemment. »

La démonstration implique donc ce principe : *Un cylindre homogène, étendu selon un bras du levier, pèse comme un poids égal qui serait suspendu à ce bras et qui s'attacherait au point situé au centre du cylindre.*

C'est visiblement pour justifier ce principe essentiel que l'auteur de notre fragment établit la proposition C.

Un bras de fléau, dit cette proposition, *porte quatre poids égaux et équidistants ; ils équivalent à un poids unique, égal à leur somme, et suspendu au point milieu de l'intervalle qu'ils occupent.*

Une ligne indique comment la démonstration de cette proposition peut se tirer de la loi d'équilibre du levier.

De la proposition C, ainsi établie, au principe dont se réclamait la proposition B, on devine comment notre auteur établissait la transition ; il décomposait sans doute le cylindre en un grand nombre de petites tranches égales et admettait pour chacune de ces tranches ce qu'il voulait prouver du cylindre entier.

Ce procédé, d'ailleurs peu rigoureux, est celui que nous verrons constamment employé par les géomètres qui ont traité ces mêmes problèmes ; qu'il soit bien celui que notre auteur suivait implicitement, la démonstration de la proposition D ne permet guère d'en douter.

Voici cette proposition : *Le fait que le fléau d'une balance est un cylindre pesant ne change rien à l'allure des poids.*

En effet, dit à peu près le texte, le poids d'un certain segment de la colonne sera proportionnel à la longueur de l'axe de ce segment ; si donc on divise le fléau en segments égaux, à un poids pris sur un bras correspondra, sur l'autre bras, un poids égal situé à la même distance du point de suspension.

L'analyse de nos quatre propositions montre assez quelle en est l'importance pour l'histoire de la Mécanique ; il y avait donc intérêt à découvrir d'autres textes qui contrôlassent le premier et qui nous permissent d'en combler les lacunes.

Sous le n° 3642 (ancien 1258), la Bibliothèque Mazarine garde un manuscrit du XIIIe siècle ou, plutôt, une réunion de plusieurs manuscrits d'écritures et de formats différents.

Le premier de ces manuscrits, qui devait constituer une

collection des plus précieuses, mais qui, malheureusement, est aujourd'hui fort incomplet, débute par ce titre :

Liber Arsamidis philosophi. — Astrologium Robi. — Planispherium Tholomei. — Liber Thebit. — Elementa Jordanis. — Liber Euclidis. — Divinationes.

A la suite, une longue table des matières nous donne la liste des nombreux traités que renfermait le recueil ; elle commence par ces mots :

In isto volumine libri subscripti continentur, cum capitulis eorumdem et figuris.

Copions-en seulement le fragment suivant, relatif aux ouvrages qui vont nous occuper :

Incipiunt elementa Jordani super demonstrationem ponderis, cum cartulis et figuris.

Incipiunt excerpta de libro Thebith de ponderibus. — Incipit liber Euclidis de ponderibus secundum terminorum circumferentiam.

Divinationes.

De compoto.

Le titre même de ce « Livre d'Euclide sur les poids selon la circonférence décrite par les extrémités » semble une allusion fort nette à notre proposition A, partant à la pièce qui nous intéresse. Malheureusement, les feuillets qui devaient renfermer ce *Liber Euclidis* ont disparu. Au recto du douzième feuillet se trouve le titre, annoncé dans la table : *Incipiunt elementa Jordanis super demonstrationem ponderis ;* l'ouvrage ainsi annoncé continue au verso du même feuillet et n'est point encore terminé au bas de la page ; mais, brusquement, au feuillet 13, nous nous trouvons au milieu du traité *De compoto.*

Fort heurensement, nous avons pu trouver une copie des pièces qui font défaut au manuscrit de la Bibliothèque Mazarine ; cette copie est insérée dans un manuscrit conservé aujourd'hui à la Bibliothèque Nationale (1), autre-

(1) *Bibliothèque Nationale*, Ms. 16649 (fonds latin).

fois propriété de la Sorbonne, à laquelle il avait été donné par « *Magister Franciscus Guillebon, Parrhisinus, Socius Sorbonicus et Doctor Theologus* ». Comme le manuscrit de la Bibliothèque Mazarine, ce recueil s'ouvre par le *Liber Arsamidis philosophi de mensura circuli ;* à la fin de ce traité se trouve cette mention : *Explicit liber Arsamidis. Scriptum 1519 ;* de même, les *Elementa Jordanis* qui figurent au même recueil se terminent par cette autre mention : *Finis. 1519. 2 S^a Maii ;* ces indications nous donnent la date de la collection scientifique dont Maître François Guillebon fut le détenteur.

A la suite du traité d'Archimède sur la mesure du cercle, le recueil contient trois opuscules ainsi intitulés :

Incipiunt elementa Jordani super demonstratione ponderum.

Incipit excerptum de libro Thebit de ponderibus.

Incipit liber Euclidis de ponderibus secundum terminorum circumferentiam.

Le libellé de ces titres, l'ordre dans lequel ils se succèdent suffisent déjà à suggérer l'idée que le recueil copié au XVIe siècle et donné à la Sorbonne par Maître François Guillebon, reproduit textuellement une partie de la collection, formée au XIIIe siècle, dont la Bibliothèque Mazarine conserve les débris; mais de cette idée on peut donner une preuve absolument convaincante.

Le scribe auquel nous devons la collection de la Bibliothèque Mazarine maniait habilement la plume et le pinceau ; il excellait à enjoliver les majuscules et, au moment de commencer la copie des *Elementa Jordani*, il égayait la marge du parchemin d'une amusante figurine esquissée en quelques traits pleins de verve ; mais les raisonnements géométriques qu'il devait reproduire en élégants caractères étaient sûrement pour lui d'insondables mystères. Si un feuillet manquait au texte original, le copiste continuait son œuvre, soudant l'un à l'autre deux morceaux disparates dont l'incohérence ne le choquait

nullement. Ainsi fit-il en rédigeant les *Elementa Jordani*. Au milieu d'une démonstration appartenant à ce traité, le sens brusquement prend fin ; à un commencement de phrase appartenant aux *Elementa* est venue se souder la suite d'un raisonnement pris au traité *De canonio*, dont il sera question au § 3.

Or, cette étrange couture entre deux lambeaux incohérents, le scribe — il devait être allemand, à en juger par son écriture — auquel Maître François Guillebon devait son recueil l'avait servilement reproduite ; tels ces tailleurs chinois qui, copiant un vieux vêtement donné pour modèle, ont bien soin d'en répéter les déchirures et les taches sur le vêtement neuf. Erreur singulière, qui devait rendre bien inutile aux géomètres un écrit aussi étrangement composé; mais erreur heureuse, car elle nous assure que nous possédons une réplique servilement fidèle des feuillets manquant au *Codex Mazarineus*.

Le *Liber Euclidis de ponderibus secundum terminorum circumferentiam* porte ce sous-titre : *Liber Euclidis de ponderoso et levi et comparatione corporum ad invicem*, suivi de l'opuscule connu de Herwagen, et publié par M. Curtze ; mais on n'y trouve pas les quatre propositions que le titre semblait nous promettre. Ces quatre propositions en ont été détachées et ce sont elles qui sont nommées *Excerptum de libro Thebit de ponderibus ;* l'erreur n'a rien qui ne soit fort naturel. Le livre de Thâbit ibn Kurrah, dont traitera le prochain §, est une sorte de commentaire arabe de nos quatre propositions ; celles-ci pouvaient donc être prises pour un extrait de ce commentaire. La collection de Maître François Guillebon ne nous en donne pas moins le texte complet de ces quatre propositions, rangées dans l'ordre B, C, A, D où nous les avions déjà trouvées.

Nous avons, d'ailleurs, trouvé derechef ces propositions, ou du moins les trois premières, dans un manu-

scrit (1), d'origine italienne, qui paraît être de la fin du xve siècle. Une des pièces contenues dans ce manuscrit commence par ces mots : *Incipit liber de ponderoso et levi* qui semblent annoncer le fragment connu depuis Herwagen; en réalité, ce fragment est remplacé par le *Liber de ponderibus* de Jordanus de Nemore ; mais, à la suite de ce dernier ouvrage, on a inséré nos propositions B, C, A.

En résumé, les textes, attribués à Euclide, que nous venons d'examiner, paraissent nous fournir trois fragments, plus ou moins bien conservés, de la science mécanique des Grecs.

Le premier de ces fragments est le *Liber de ponderoso et levi ;* conservé, semble-t-il, dans son intégrité, il expose avec une grande netteté le principe fondamental de la Dynamique péripatéticienne.

Le dernier se compose des *quatre propositions* que nous venons de signaler ; leurs démonstrations écourtées, l'ordre dans lequel elles se présentent et qui ne paraît point logique nous signalent de graves mutilations ; nous pouvons cependant y reconnaître un heureux essai pour relier la loi du levier à la Dynamique péripatéticienne, pour tenir compte du poids du levier et pour donner une théorie de la balance romaine.

Pour relier l'un à l'autre ces deux écrits, une théorie directe du levier semble nécessaire ; le *Livre de la balance* exhumé par le Dr Woepcke est peut-être l'écrit qui soudait l'un à l'autre les deux fragments précédents ; mais cet écrit, par de maladroites retouches, a été rendu presque méconnaissable.

Les débris dont nous venons de retracer les formes ébréchées et usées pouvaient donc s'agencer de manière à former une sorte de traité ; en ce traité se réunissaient la méthode d'Aristote et la méthode d'Archimède ; en outre, on y indiquait la solution d'un problème délaissé par le

(1) *Bibliothèque Nationale*. n° 11 247 (fonds latin).

grand géomètre de Syracuse, le problème de la balance romaine. Ce traité était-il l'œuvre d'un seul géomètre, ou de plusieurs mathématiciens distincts? Parmi ceux-ci doit-on faire figurer l'auteur des Éléments? Questions difficiles à résoudre, mais au sujet desquelles nous relèverons bientôt quelques légères indications.

Montucla a écrit (1) : « Nous ne dirons rien du livre *De levi et ponderoso* qu'on attribue aussi à Euclide. On ne peut comparer ce qu'il contient qu'au bégayement d'une Physique naissante. » Ce jugement donnerait une idée bien fausse de l'importance qu'il convient d'attribuer à l'œuvre dont nous venons de relever les vestiges. Nous allons voir que cette œuvre a exercé une profonde influence d'abord sur la science arabe, puis sur la science de l'Occident.

2. *Le* LIBER CHARASTONIS, *publié par Thâbit ibn Kurrah*

La plupart des bibliothèques (2) possèdent un ouvrage manuscrit intitulé : *Liber Charastonis, editus a Tebit filio Corae.*

Le nom de l'éditeur, ou mieux du commentateur, est celui d'un des géomètres arabes les plus illustres. Grâce

(1) Montucla, *Histoire des Mathématiques*, Paris, an VII, t. I, p. 217.

(2) J'ai pu trouver cet écrit dans cinq recueils appartenant au *fonds latin* de la Bibliothèque Nationale, savoir les Mss. 7510, 7577 B, 7434, 8680 A, 10260. Steinschneider *(a)* en a trouvé un exemplaire dans le Ms. n° 184 de la Bibliothèque du couvent St-Marc de Florence et en a publié le commencement et la fin. M. Maximilien Curtze *(b)* a signalé la présence du même écrit dans deux Mss. de la Bibliothèque Vaticane, le Ms. *Regina Suecorum* 1235 et le Ms. 2975. Il l'a retrouvé dans le Ms. R. 4° 2 de la Bibliothèque de gymnase de Thorn; d'après ce dernier exemplaire, il a publié les énoncés des théorèmes. Nous nous proposons de donner une édition du traité complet.

(a) Steinschneider, *Intorno al Liber Karastonis. Lettera a D. Baldassare Boncompagni* (ANNALI DI MATEMATICA, t. V, 1863, p. 54).

(b) Maximilian Curtze, *Ueber die Handschrift* R. 4° 2 : *Problematum Euclidis explicatio des Königl. Gymnasial Bibliothek zu Thorn* (ZEITSCHRIFT FÜR MATHEMATIK UND PHYSIK, XIII^ter Jahrgang. Supplément, p. 45, 1868).

à Wüstenfeld (1), nous possédons sur sa vie un certain nombre de détails précis.

Thâbit ibn Kurrah ibn Marwân ibn Kârâya ibn Ibrâhîm ibn Mariscos ibn Salamanos (Abû al Hasan) al Harranî naquit en 836 à Harrân, en Mésopotamie. Il fut d'abord changeur, puis s'adonna à la science. Il acquit, à Bagdad, une grande réputation de mathématicien et d'astronome, en même temps qu'il s'adonnait à l'étude de la langue grecque, dont il parvint à faire usage aussi aisément que de l'arabe et du syrien. Cette parfaite entente du grec lui permit de traduire et de commenter les œuvres des princes de la science hellène, d'Apollonius de Perga, d'Euclide, d'Archimède, de Ptolémée et de Théodose. Il produisit également un grand nombre d'œuvres originales en Arithmétique, en Géométrie, en Astronomie et en Astrologie. Au bout d'un certain temps, il revint à Harrân, sa ville natale ; là, des épreuves l'attendaient ; il appartenait, en effet, à la secte des Sabians ; mais, comme il prétendait s'affranchir de certaines doctrines ou de certaines pratiques, il fut excommunié. Il revint alors à Bagdad, qu'il ne quitta plus. Le Khalife Almu'tadid (892-902) l'avait en grande considération et l'honorait de son commerce le plus intime. Tâbit ibn Kurrah mourut à Bagdad en 901.

Nous sommes donc exactement renseignés sur l'auteur du commentaire qui va nous occuper ; le traducteur même nous est probablement connu. Selon le prince Boncompagni (2), Gérard de Crémone (1114-1187) avait traduit de l'arabe en latin un *Liber Carastonis*. Steinschneider (3) a fort justement pensé que cette traduction était celle dont nous possédons de si nombreux exemplaires.

(1) Wüstenfeld, *Geschichte der Arabischen Aerzte und Naturforscher*. Sr. 29, n° 71 ; Göttingen, 1840. — Cf. Moritz Cantor, *Vorlesungen über Geschichte der Mathematik*, Bd. I, p. 603 ; Leipzig, 1880.

(2) B. Boncompagni, *Della vita e delle opere di Gherardo Cremonese*, Rome, 1851.

(3) Steinschneider, *loc. cit.*

Mais si nous connaissons avec certitude l'auteur de notre commentaire et avec probabilité le traducteur de cet écrit, notre embarras devient extrême lorsqu'il s'agit d'en interpréter le titre. Comment devons-nous traduire *Liber Charastonis ?* Faut-il écrire *le livre de Charaston* ou *le livre de la balance ? Charasto* est-il le nom d'un géomètre grec ou le nom arabe de la *statera* des latins, de notre balance romaine ? Les deux opinions ont eu leurs tenants et le choix est malaisé.

Les copistes qui ont reproduit la version attribuée à Gérard de Crémone ont tous pris Charasto, Carasto, Karasto ou Baracto (car toutes ces orthographes se rencontrent, parfois mêlées en une même copie) pour le nom d'un auteur. L'initiale majuscule du nom ne le marque pas moins que la forme de la phrase qui annonce le commencement ou la fin du livre : *Incipit liber Karastoni de ponderibus*, dit le Ms. 10 260 (latin) de la Bibliothèque Nationale.

Parfois même, le copiste a cherché à deviner quel pouvait être ce géomètre ; ainsi, la Bibliothèque Nationale conserve, sous le n° 7310 (latin), un manuscrit qui porte la date de 1604 ; ce manuscrit, dont les pièces paraissent avoir été copiées sur les pièces semblables contenues au Ms. 10 260, renferme, en particulier, le *Liber Charastonis*. Le scribe auquel nous devons ce recueil avait d'abord libellé le titre de la manière suivante : *Incipit liber Baractonis de ponderibus ;* puis, ne connaissant aucun géomètre grec qui répondît au nom ainsi déformé, il biffa *Baractonis* pour y substituer *Eratosthenis*, laissant ensuite Baracto, Carasto, Karasto et Charasto se partager ses préférences au cours du texte. Ces orthographes diverses ont d'ailleurs frappé un annotateur qui, au verso du premier feuillet, a écrit ces mots : « *Eratosthenis*, sic legitur in titulo. Verum, initio libri, auctor ex quo translatus est nominatur aliter et, versus finem, diserte dicitur Charaston. » L'an-

notateur considérait donc Charaston comme l'auteur dont Thâbit ibn Kurrah avait commenté l'œuvre.

Cette opinion a encore été partagée par des bibliographes modernes ; Heilbronner (1), en un de ses *Index*, fait figurer *Carasto* comme un nom d'auteur, et Hammer, dans son histoire de la littérature arabe, interprète de même les mots *Kitâb el Karstûn* que les traducteurs latins ont rendus par *Liber Karastonis*.

Cette opinion, selon M. Steinschneider (2), serait fort analogue à l'erreur du singe qui prenait le Pirée pour un nom d'homme ; *Karastûn* ne serait qu'une altération du mot arabe *Karstûn;* selon Fleicher, cité par Steinschneider, ce mot peu usité, et venu, peut-être, par l'intermédiaire du syriaque, du mot grec χεῖρ, *main*, signifierait la balance romaine ; Kitâb el Karstûn, *liber Karastonis*, devrait se traduire non *le livre de Charaston*, mais *le livre de la romaine*.

L'interprétation du mot Karaston, proposée par M. Steinschneider, a été adoptée par M. Heiberg (3) et par M. Maximilien Curtze (4). Selon ce dernier auteur, le *Traité de la balance* exhumé par M. Woepcke et attribué par lui à Euclide, tandis que certains manuscrits en font une œuvre des *trois frères*, serait identique au *Kitâb el Karstûn* composé par les Benî Moûçâ, et dont M. Steinschneider signale l'existence d'après Casiri et d'après Hammer ; en outre, la comparaison du *Liber Karastonis* de Thâbit avec le *Traité de la balance* traduit par Dr Woepcke montrerait, dans le premier de ces deux ouvrages, un simple développement du second.

(1) Heilbronner, *Historia Matheseos universae*, Lipsiae, 1742 ; Index III.

(2) Steinschneider, *Intorno at Liber Karastonis. Lettera a D. Baldassare Boncompagni* (ANNALI DI MATEMATICA, t. V, 1865, p. 54).

(3) Heiberg, *Litterargeschichttiche Studien über Euktid*, Leipzig, 1882, p. 11.

(4) Maximilian Curtze, *Das angebliche Werk des Euktides über die Waage* (ZEITSCHRIFT FÜR MATHEMATIK UND PHYSIK, XIXer Jahrgang, p. 265 ; 1874).

La lecture du *Liber Karastonis* serait peut-être (je ne sais si les érudits s'en sont doutés) le meilleur moyen de tirer au clair cette question.

Qu'à la fin de cet écrit, le mot *Charasto* ou *Karasto* soit pris dans le sens de *balance romaine*, cela ne saurait faire l'ombre d'un doute. Après avoir montré comment on pourra calculer le poids du plateau qui, pendu au petit bras de la romaine, compensera l'excès de pesanteur du grand bras, Thâbit ajoute : « Nous diviserons le grand bras en segments qui soient dans un rapport connu avec le petit bras. Alors on saura ce que pèse un poids pendu à une division quelconque *du charaston engendré* (generati carastonis) par ce procédé, d'après la règle précédemment établie pour le cas où le fléau se réduit à une simple ligne. »

Une impression bien différente est reçue lorsqu'on lit l'épître dédicatoire adressée par Thâbit à un personnage qu'il nomme son frère ; traduisons le début de cette épître :

« Que Dieu continue ta conservation, et qu'il multiplie la proportion de ton salut, afin que je ne sois pas privé d'un frère tel que toi ; qui aiguillonne les esprits par sa curiosité ; qui excite l'âme à la spéculation ; qui, par sa propre nature, imprime la science ; qui s'aiguise lui-même ; qui retourne ce qui s'oppose à l'assimilation d'un sujet, et qui, de ce sujet, expose ce qu'il faut.

» J'ai lu, ô mon frère ! la lettre sur ce que j'ai dit touchant ton examen des *Causae Karastonis*, avec les traces que tu as relevées en celui-ci et les figures que tu as construites à propos de lui ; ces choses, tu les a trouvées lorsqu'abandonnant tout autre sujet de recherches, tu as fait de celle-ci ton occupation exclusive et, sur ces recherches, tu as fort bien exercé ta méditation. Parmi les passages obscurs, inacceptables aux intelligences, j'ai tenté une épreuve. J'ai donc tenu compte, ô mon frère, du changement de langue des traducteurs et des caprices de la main des copistes. J'ai longuement hésité à ce sujet,

car toi-même tu n'as pu rendre ton opinion sauve de toute interprétation erronée. Tu m'as demandé de te donner de lui une exposition, écrite dans un langage facile, où ses intentions soient mises au jour, par des méthodes qui abrègent la longueur de son discours et allègent la difficulté de son raisonnement. Je te répondrai donc au sujet de ce que tu m'as demandé, et je te parlerai enfin des choses au sujet desquelles tu veux être éclairé, avec des indications suffisantes et de saines démonstrations. Tu connaîtras donc où se trouve l'erreur, et à partir de quelle origine elle s'est multipliée jusqu'à s'emparer, en quelque sorte, de tout l'ensemble. A quel point elle est répandue, tu le sais déjà.

» Que Dieu te dirige et qu'il illumine l'intelligence de ton cœur !

» Que l'absence de figures géométriques dans les *Causae Karastonis* ne soit pas une excuse... »

Il résulte de ce passage que Thâbit se propose de restituer une forme claire à un écrit devenu incompréhensible par la faute des copistes et des traducteurs ; ce n'est donc point un écrit arabe qu'il s'agit de commenter, un traité dû aux Benî Moûçâ, mais bien un écrit grec ; et il semble bien difficile d'interpréter les phrases que nous avons citées sans voir dans les mots *Causae Charastonis* le titre de l'ouvrage et le nom de l'auteur, sans traduire ainsi ces mots *Le livre des causes, par Charaston.*

Si donc, en divers passages qui se trouvent à la fin de notre manuscrit, le mot *Charasto* signifie assurément la balance dite romaine, il semble bien, au début du même ouvrage, désigner un mécanicien grec. Y a-t-il après tout, dans ce double sens, rien qui doive étonner ? Ne voit-on pas chaque jour, dans les arts mécaniques, un instrument prendre le nom de celui qui l'a créé ou perfectionné ? Nos descendants ne pourraient-ils pas éprouver quelque embarras en cherchant si *Vernier* fut un homme ou une règle divisée ? Et, dans nos laboratoires, ne faisons-nous pas

les pesées grossières sur la *Roberval*, sans que Roberval cesse d'être le nom d'un illustre géomètre ?

Il nous semble donc probable que Charaston désigne le nom d'un auteur grec, qui avait écrit un traité sur la balance romaine à laquelle on aurait donné son nom ; ainsi s'expliquerait, pour désigner la balance, l'existence en langue arabe de ce synonyme d'origine grecque : Karstûn.

De ce géomètre grec, nous est-il possible de découvrir quelque autre vestige ?

Nous lisons dans Montucla (1) :

« Plusieurs des livres de Ptolémée sont accompagnés de cette adresse : *ad Syrum fratrem ;* ce qui prouve qu'il avait un frère de ce nom, qui était probablement versé en astronomie, peut-être un coopérateur de ses observations et de ses calculs.

» Je lui ai aussi déterré un fils nommé Hériston, duquel on peut former le même jugement. C'est dans le titre d'un livre extrêmement rare, imprimé à Venise en 1509 sous ce titre : *Sacratissimae astronomiae Ptolomei liber diversarum rerum quem scripsit ad Heristonem filium suum...* »

Kästner, qui a eu entre les mains ce *livre rarissime* (2), nous en a donné une description minutieuse (3) et un résumé. C'est un in-4°, écrit en caractères gothiques, dont le titre complet est : *Sacratissime astronomie Ptholemei liber diversarum rerum, quem scripsit ad Heristonem filium suum, tractans compendiose de diversis rebus, ut habetur in tabula que est in principio istius libri. MDVIII. Felicibus astris prodeat in lucem, ductu Petri Liechtenstein. Cum privilegio.* A la fin du livre, se trouvent ces lignes : *Explicit liber diversarum rerum Ptholemei philudiensis Alexandrini, astronomorum principis clarissimi. Anno*

(1) Montucla, *Histoire des Mathématiques*, t. I, p. 314 : Paris, An VII.

(2) J. Graesse, *Trésor de livres rares et précieux*, t. V.

(3) *Geschichte der Künste und Wissenschaften seit der Wiederherstellung derselben bis an das Ende des achtzehnten Jahrhunderts.* VII^te Abtheilung : *Geschichte der Mathematik*, von A. G. Kästner, Bd. II, p. 688 ; 1797.

virginei partus 1509, die tertio aprilis. Venetiis, in edibus Petri Liechtenstein Coloniensis Germani.

Ainsi donc, selon le livre imprimé par Pierre Liechtenstein, Ptolémée aurait eu un fils, versé en astronomie, du nom d'Hériston. Hériston n'est pas Charaston ; mais la différence est faible ; elle le semblera surtout à ceux qui connaissent les déformations étranges qu'ont subies les noms grecs traduits d'abord en arabe et de l'arabe en latin. Steinschneider (1) a signalé quelques-unes de ces déformations : « Héron est devenu Iran et Iranius, Menelaüs s'est transformé en Milleius ; Achimedes tantôt en Arsamites, tantôt en Aramides, tantôt en Archimenides ». Pour nous, nous avons rencontré du nom d'Archimède ces formes diverses : Arsamides, Arsanides, Ersemides [Bibl. Nat. 16 649 (lat.) — Bibl. Mazar. 3642], Arsamithes [Bibl. Nat. 9335 (lat.)], Alaminides [Bibl. Nat. 10 252 (lat.)]. Que Charaston fût devenu Hériston, il n'y aurait rien là qui nous puisse surprendre.

Mais le véritable nom de l'auteur qui nous occupe n'est point Charaston, ni Hériston ; ce nom se doit très vraisemblablement lire *Charistion*, Χαριστίων.

Ouvrons n'importe quel dictionnaire grec au mot χαριστίων, et nous y trouverons ce renseignement : sorte de balance inventée par Archimède ; le dictionnaire de Bailly (2) nous dira, en outre, que le terme a été employé par Simplicius en ses Commentaires à la Physique d'Aristote.

Le seul passage où Simplicius (3) ait employé ce mot nous donne, d'ailleurs, des renseignements précieux. Simplicius y commente l'axiome fondamental de la Dynamique péripatéticienne, la proportionnalité de la puissance

(1) Steinschneider, *Hebraïsche Bibliographie*, Bd. VII, p. 92; 1864. Cf. Moritz Cantor, *Geschichte der Mathematik*, Bd. I, p. 604; Leipzig, 1880.

(2) Bailly, *Dictionnaire grec-français*, Paris, 1895.

(3) Simplicii *in Aristotelis Physicorum libros quatuor posteriores commentaria; Commentaria in Physicorum* VII, 5 (Édition Diels, Berlin, 1895, p. 1110).

motrice au poids mû et à l'espace parcouru en un temps donné ; il se propose de discuter les restrictions qu'il convient d'apporter à cet axiome ; et, à ce propos, il nous dit qu' « Archimède, en se fondant sur cette proportionnalité entre la puissance motrice, le poids mû et l'espace parcouru, avait composé un instrument propre à peser qui est nommé *charistion*. — Ταύτῃ δὲ τῇ ἀναλογίᾳ τοῦ κινοῦντος καὶ τοῦ κινουμένου καὶ τοῦ διαστήματος τὸ σταθμιστικὸν ὄργανον τὸν καλούμενον χαριστίωνα συστήσας ὁ Ἀρχιμήδης... »

Ainsi, du temps de Simplicius (VIe siècle), non seulement on donnait à la balance romaine le nom de *charistion*, mais encore il était d'usage d'en rattacher la théorie aux principes dynamiques admis par Aristote, ce qui est précisément l'objet des divers écrits que nous analysons ; et, de plus, on avait oublié l'auteur de ces considérations mécaniques, puisqu'on les attribuait à Archimède, alors que l'illustre syracusain avait employé, dans l'analyse de semblables problèmes, de tout autres méthodes.

Que cet auteur se soit précisément nommé Χαριστίων, *Charistion* ; que, par un phénomène bien fréquent dans les arts mécaniques, l'instrument ait pris le nom de celui qui l'avait inventé ou étudié, cela ne paraît point douteux. Comment expliquer, sans cela, que la racine χάρις, *grâce*, ait pu fournir le nom d'une balance ? Quoi de moins étonnant, au contraire, que de voir cette même racine fournir un nom propre, alors qu'elle a déjà fourni (1) le nom de femme Χαριτώ et les noms d'homme Χαρισθένης, Χαριστιάδης, Χαρίσιος, Χαρίστιος et Χαρίτων ?

Certains auteurs, il est vrai, ont cru que χαριστίων désignait non pas la balance romaine, mais un guindeau propre à haler les vaisseaux sur le rivage. Le texte de Simplicius est cependant formel, et les mots σταθμιστικὸν ὄργανον ne peuvent s'entendre que d'une balance.

On pourrait supposer que Charistion a également donné

(1) Bailly, *Dictionnaire grec-français* ; Paris, 1895.

son nom à un appareil en usage dans les ports ; mais il me semble plus probable qu'il s'agit ici d'une confusion de date récente.

Selon Simplicius, c'est l'invention du charistion qui aurait porté Archimède à s'écrier : « πᾶ βῶ καὶ κινῶ τὴν γᾶν, Un point de départ, et je remue la Terre ». De même, Tzetzes (1) lui attribue ce propos : « πᾶ βῶ καὶ χαριστίωνι τὰν γᾶν κινήσω πᾶσαν ».

Ce propos s'applique admirablement à la romaine, où un petit poids, pendu au grand bras du fléau, soulève un grand poids, pendu au petit bras.

Toutefois, d'autres auteurs ont pensé que ce propos d'Archimède n'avait point trait à la romaine. Plutarque, qui lui donne la forme : « Δός μοι ποῦ στῶ καὶ τὰν γᾶν κινάσω », ne dit point à quelle machine il avait trait. Pappus, plus explicite, déclare (2) qu'Archimède s'écria : « Δός μοι ποῦ στῶ καὶ κινῶ τὴν γᾶν » dans sa joie d'avoir combiné un puissant guindeau ; il donne la description de ce guindeau où, par l'emploi de multiples engrenages, une petite puissance peut mouvoir une grande résistance ; il assure, d'ailleurs, qu'il emprunte cette description à Héron d'Alexandrie.

Cet instrument est, en effet, décrit par Héron d'Alexandrie (3), qui ne le donne point comme étant d'Archimède. Mais ni Héron d'Alexandrie, ni Pappus, n'attribuent à ce guindeau le nom de χαριστίων, ce qu'ils n'eussent point manqué de faire s'il eût été ainsi nommé, de leur temps, à Alexandrie.

Sans doute, les passages où le mot célèbre d'Archimède sur la possibilité de mouvoir le monde est donné comme

(1) Tzetzes, Τῶν χιλιάδων B (CORPUS POETARUM GRÆCORUM, t. II, Genève 1614). — Tzetzes vécut à Constantinople de 1120 à 1180 environ.

(2) Pappi Alexandrini *collectionis quae supersunt*, edidit F. Hultsch. Lib. VIII, Propos. XI, p. 1060; Berlin, 1888.

(3) A. J. Vincent, *Géométrie pratique des Grecs* (NOTICES ET EXTRAITS DES MANUSCRITS DE LA BIBLIOTHÈQUE IMPÉRIALE, t. XIX, 2e partie, p. 330). — Carra de Vaux, *Les Mécaniques ou l'Élévateur de Héron d'Alexandrie*, publié pour la première fois sur la version arabe de Qostâ ibn Lûkâ. Livre I, art. I, Paris, 1894.

ayant trait au χαριστίων ont été rapprochés de ceux qui font de ce mot une allusion au guindeau ; on en a alors conclu, bien à tort, que le *charistion* était le guindeau. Nous ne saurions nommer avec précision l'auteur de cette confusion. Nous savons seulement qu'elle est acceptée par Stevin (1); Stevin nous apprend que la description du *charistion* avait été retrouvée par Jacques Besson.

Pour nous, l'opinion de Stevin n'est point fondée, et χαριστίων désigne la *balance romaine*.

Tenons donc pour certain que le livre grec dont Thâbit ibn Kurrah a entrepris la restitution était l'œuvre d'un géomètre alexandrin, du nom de Charistion, qui était probablement fils de Ptolémée ; que la balance romaine, étudiée par cet auteur, en prit le nom, en grec d'abord, puis en arabe, où elle fut appelée *karstûn* ; enfin que les caprices des traducteurs ont tiré de ce nom les deux formes Charaston et Hériston.

L'étude de l'œuvre de Thâbit nous apportera encore quelques nouveaux renseignements.

Tout d'abord, Thâbit nous apprend que l'écrit dont il entreprend le commentaire est intimement lié au *livre attribué à Euclide* : « Hoc autem capitulum innixum est super librum qui dicitur Liber Euclidis ». A ce livre, il renvoie celui qui voudra des renseignements détaillés ; il se contentera, à titre d'introduction, de rappeler de ce livre ce qui est nécessaire à l'intelligence de l'écrit qu'il va étudier.

Ces déclarations précèdent immédiatement l'énoncé suivant : *Les espaces que deux mobiles parcourent en un même temps sont entre eux comme les vertus de ces deux mobiles* ; aucune démonstration ne suit cet énoncé ; un exemple suffit à l'éclairer. Or cet énoncé formule l'axiome fondamental de la Dynamique péripatéticienne, et cela, dans les termes mêmes où il figure au traité *De ponderoso*

(1) *Mathematicorum Hypomnematum de Statica*, conscriptus a Simone Stevino brugensi. Liber III : De Staticæ praxi, p. 101.

et levi. Nous voici donc assurés que Thâbit connaissait le petit écrit *De ponderoso et levi ;* que, de son temps, cet écrit portait déjà le nom d'Euclide ; enfin que les *Causes* de *Charistion* avaient ce livre pour fondement.

De cet axiome à la loi de l'équilibre du levier, Thâbit passe par deux propositions qui développent simplement, avec beaucoup de précision, la démonstration de cette loi telle qu'elle est indiquée aux Μηχανικὰ προβλήματα d'Aristote.

Au cours de ces démonstrations, le levier est supposé sans pesanteur ; il en est encore de même au cours des deux propositions suivantes :

Si le fléau d'une balance en équilibre porte deux poids égaux suspendus à des distances inégales du point d'appui, on pourra, sans rompre l'équilibre, remplacer ces deux poids par un poids unique, égal au double de chacun d'eux, et suspendu au milieu de l'intervalle qui sépare leurs points de suspension.

De même, si l'un des bras du fléau d'une balance en équilibre porte un certain nombre de poids égaux entre eux, pendus en des points équidistants les uns des autres, l'équilibre demeurera assuré si l'on remplace tous ces poids par un poids unique, égal à leur somme, et suspendu au milieu de l'intervalle qui contient tous les premiers points de suspension.

De cet énoncé général, Thâbit donne la démonstration en supposant que le nombre des poids à réunir soit quatre ; mais, visiblement, la démonstration est aisée à généraliser.

Ces propositions, vraies pour des fléaux sans pesanteur, cessent de l'être si le fléau est une règle d'une certaine épaisseur et d'une certaine pesanteur, dont les deux bras ne sont point égaux. Thâbit se propose de montrer comment on peut ramener ce cas, qui est celui de la balance romaine, à la considération d'un fléau sans pesanteur.

Dans ce but, il considère d'abord un fléau réduit à une ligne sans épaisseur, dont une partie est recouverte par un cylindre pesant ; il se propose de prouver que ce

cylindre équivaut à un poids égal, suspendu au point marqué par le centre du cylindre. La démonstration, tirée de la proposition qui précède celle-ci, revient, en somme, à admettre pour certaines portions du cylindre ce que l'on veut prouver du cylindre tout entier.

Cette proposition admise, il devient aisé de démontrer celle-ci : Un fléau cylindrique, homogène, pesant, *ab* (*fig. 16*) dont les bras *ag*, *bg* sont inégaux, peut être maintenu parallèle à l'horizon en suspendant un certain poids *e* à l'extrémité du petit bras *ga* ; si *bd* est l'excès du

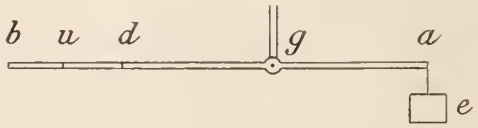


fig. 16.

grand bras sur le petit bras, si *u* est le point milieu de *bd*, le poids *e* sera au poids du segment *bd* comme la longueur *gu* est à la longueur *ga*.

Thâbit en tire cette règle : Si *p* est le poids total du fléau, le poids *e* est donné par la formule

$$e = p\,\frac{\overline{ab}}{2\overline{ga}}\,. \tag{1}$$

Ce poids étant connu, on pourra suspendre au petit bras de la balance un plateau qui le représente exactement ou bien encore placer à l'extrémité de ce bras une surcharge égale ; sur le *karaston* ainsi constitué, on pourra raisonner désormais comme sur un fléau sans poids.

« Et maintenant, ô mon frère, ajoute le géomètre arabe, je t'ai exposé ce qui est capable de seconder le travail de ton esprit, et d'aider ton âme à poursuivre son étude... Cet art est donc appuyé par les démonstrations et l'expérience le vérifie. Lors donc que tu feras usage de ce qu'il a démontré, lorsque tu auras compris par leurs

démonstrations ce que nous avons énoncé en commençant, ce que nous t'avons exposé te fera franchir la borne de l'hésitation, te gardera d'une assimilation erronée, te fera voir où se trouve la rectitude et te fera reconnaître les endroits où l'on peut tomber en erreur. Donc c'est la fin. »

Cette courte analyse nous montre clairement que le remarquable écrit de Thâbit n'est, en aucune façon, un développement du *Traité de la balance* traduit par le Dr Woepcke. En revanche, il tient par les liens les plus étroits aux quatre propositions dont nous avons signalé l'existence et résumé le contenu ; l'analogie est telle qu'un copiste a pu prendre ces quatre propositions pour un résumé du livre de Thâbit.

Une divergence, cependant, mérite d'être signalée. Thâbit tire la démonstration de la loi d'équilibre du levier de l'axiome fondamental de la Dynamique péripatéticienne : il la tire en suivant exactement la méthode indiquée dans les *Questions mécaniques* d'Aristote ; la marche esquissee par l'auteur de la proposition A est tout autre ; elle suppose que la loi d'équilibre du levier a été établie directement et elle en déduit l'extension au levier de la loi de Dynamique énoncée dans la Φυσικῆς ἀκρόασις et dans le Περὶ οὐρανοῦ d'Aristote, ainsi que dans le *Liber de ponderoso et levi* attribué à Euclide. Tandis que l'écrit de Thâbit se rattache immédiatement au *De ponderoso et levi*, il faut nécessairement, entre ce livre et nos quatre propositions, placer un intermédiaire ; nous l'avons dit, ce fragment intermédiaire pourrait bien être la source qui a donné naissance à la pièce publiée par le Dr Woepcke.

Si donc nos quatre propositions ont la plus étroite parenté avec l'écrit grec que Thâbit s'est proposé de reconstituer, elles ne paraissent pas représenter cet écrit même. Une autre considération fortifie cette opinion : Thâbit ne parle pas seulement de l'obscurité de l'écrit qu'il commente, mais aussi de sa prolixité ; il se propose de l'abréger ; il ne saurait être question de nos quatre propositions, dont

les démonstrations sont réduites à quelques indications d'une extrême concision.

Nos quatre propositions ne semblent donc pas être un débris des *Causae Charastonis* ; elles en seraient plutôt un résumé ; ou, plus probablement, elles représenteraient un thème plus ancien, dont Charistion aurait écrit un commentaire développé et légèrement modifié.

Ces remarques suggèrent une hypothèse ; Ptolémée avait écrit un traité *Sur les poids*, Περὶ ῥοπῶν, qui nous est inconnu. Thurot avait déjà émis la supposition (1) que certains fragments parvenus jusqu'à nous, notamment le *De ponderoso et levi* attribué à Euclide, pouvaient bien être des débris du Περὶ ῥοπῶν. Cette supposition ne pourrait-elle être exacte en ce qui concerne nos quatre propositions (2), en ce qui concerne également l'écrit dont le *Traité de la balance*, publié par Woepcke, est une déformation ? Charistion se serait alors borné à développer et à rattacher plus étroitement à la méthode péripatéticienne le Περὶ ῥοπῶν composé par son père.

3. *Le Traité* DE CANONIO

Un seul *liber Karastonis*, celui de Thâbit ibn Kurrah, a été traduit en latin ; mais il n'est pas le seul *Kitâb el Karstûn* qu'aient écrit des géomètres arabes ; dans l'article que nous avons cité à plusieurs reprises, Steinschneider en énumère quatre, dont les index et les catalogues de bibliothèques lui ont révélé l'existence. Ces traités sont les suivants :

1° Un *Kitâb el Karstûn* dû aux *trois frères*, aux Beni Moûça ;

(1) THUROT, *Recherches historiques sur le Principe d'Archimède* (REVUE ARCHÉOLOGIQUE, nouvelle série, t. XIX, 1869, p. 117).

(2) Le traité du pseudo-Archimède pourrait également être un débris de ce Περὶ ῥοπῶν.

2° Un *Kitâb el Karstûn* dû à Thâbit ibn Kurrah ;

3° Un *Kitâb el Karstûn* dû à un philosophe et médecin célèbre, de race arabe mais de religion chrétienne, Kûstâ ibn Lûkâ, qui vécut de 864 à 923 et fut, par conséquent, contemporain de Thâbit ;

4° Un *Kitâb el Karstûn* dû à Abû'Alî al Hasan ibn al Hasan ibn Alhaitam que son *Optique*, traduite en latin, a rendu célèbre sous le nom d'Alhazen, et qui mourut en 1038.

Si l'on admet, avec M. Curtze, que le *Kitâb el Karstûn* attribué aux Benî Moûça soit identique au *Traité de la balance* traduit par le Dr Woepcke, il reste encore deux traités de ce titre qui ne nous sont point connus.

On pourrait être tenté de croire que l'un de ces traités est représenté par le livre *De canonio* dont notre Bibliothèque Nationale possède un texte dans son Manuscrit 7378 A (fonds latin) et un autre texte, plus récent, dans le Manuscrit 8680 A (fonds latin); dont enfin un important fragment se trouve si singulièrement soudé au texte de Jordanus dans le Manuscrit du XIIIe siècle que la Bibliothèque Mazarine conserve sous le n° 3642, et que nous avons signalé au § 1 ; fragment reproduit dans la collection (1) donnée à la Sorbonne par Maître François Guillebon.

Mais un examen plus détaillé de ce traité conduit à penser que nous avons affaire non seulement à un traité d'origine grecque, mais encore à un traité qui aurait été directement traduit du grec en latin, sans passer par l'intermédiaire de l'arabe.

Les lettres employées dans les figures se présentent ainsi

a, b, g, d, e, z, i, t,

rappelant, par leur ordre, l'alphabet grec auquel elles ont été empruntées ; mais l'η a été représenté non point par

(1) *Bibliothèque Nationale*, Ms. 16 649 (fonds latin).

l'*h*, comme dans les écrits qui ont passé du grec au latin par l'intermédiaire de l'arabe, mais par l'*i* ; ce détail semble indiquer que le traducteur connaissait la prononciation de l'*η* déjà usitée chez les Grecs du moyen âge.

En outre, les mots grecs simplement transcrits, et non traduits, abondent dans ce petit écrit. Pour désigner un fléau de balance d'épaisseur non négligeable, le traducteur qui a fait passer de l'arabe en latin les quatre propositions étudiées au § 1 dit *longitudo teres* ; le traducteur de Thâbit dit *perpendicularis cum crassitie* (ou *crossitie* ou *grossitie*) ; Jordanus, qui écrit directement en latin, dit *oblongum* ou *regula* ; notre traité conserve le mot κανὼν, qu'il latinise simplement en *canonium*. Une ligne parallèle à l'horizon est dite, dans tous les autres écrits que nous avons cités, *parallela orizonti* ; ici, elle est dite *parallela epipedo orizontis*, formule sous laquelle transparaît le nom grec du plan, τὸ ἐπίπεδον. Non seulement nous trouvons dans le livre *De canonio* le mot *parallelogrammum*, mais un triangle, au lieu d'y être appelé *triangulus*, y est nommé *trigonium*, τρίγωνον (1). Enfin, *demonstratio* y est parfois remplacé par *apodixis* (ἀπόδειξις).

Il est clair que l'écrit dont nous allons parler est la reproduction directe d'un texte grec ; son contenu, comparé à ce que Thâbit ibn Kurrah nous a appris de l'ouvrage de Charistion, nous montre que le traité *De canonio* est ou bien une réplique de cet ouvrage, ou mieux un écrit destiné à le compléter et à donner une élégante solution géométrique du calcul auquel Charistion avait été conduit.

L'objet du petit traité *De canonio* est la solution du problème auquel aboutissent les *Causae Charistionis*, telles que Thâbit nous les a conservées : Quel poids faut-il suspendre à l'extrémité du petit bras d'un fléau de romaine pour corriger l'excès de pesanteur du grand bras et pour

(1) Et même *tetragonium* dans le texte du XIIIe siècle, n° 3642, de la Bibliothèque Mazarine.

pouvoir raisonner sur cet instrument comme si le fléau était une ligne sans poids ?

L'auteur ne reprend point l'établissement de la loi du levier ; il ne se propose pas davantage de démontrer qu'une portion de cylindre grave, dirigé suivant le fléau, a même pesanteur qu'un corps de même poids suspendu au point qui marque le centre du cylindre ; ces propositions, il les regarde comme acquises ; à l'égard de la seconde, il renvoie aux écrits de ses prédécesseurs. Le Manuscrit du XIIIe siècle 7378 A dit : « Monstratum est in libris qui de his loquuntur quoniam nulla est differentia, sive pondus *db* sit equaliter extensum super totam

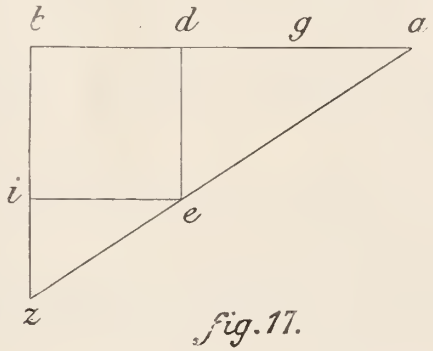


fig. 17.

lineam *db*, sive suspendatur a puncto mediæ sectionis ». Le texte plus récent du Ms 8680 A porte : « Sicut demonstratum est ab Euclide, et ab Archimede, et ab aliis ».

Ainsi allégé de tous les préliminaires, le traité *De canonio* se réduit à quatre théorèmes.

Le premier de ces théorèmes est identique à celui qui termine le livre de Thâbit ; il a pour objet de dire suivant quelle règle on calculera le poids propre à compenser l'excès de pesanteur du grand bras de la romaine. Il suffit de comparer les deux énoncés pour constater qu'ils représentent deux traductions d'un même texte grec primitif. L'exemple numérique auquel la formule est appliquée est aussi le même dans les deux écrits. Très certainement,

nous avons affaire à l'une des propositions du livre de Charistion.

Le second théorème est une réciproque du premier ; l'énoncé et la démonstration étaient vraiment superflus.

Au troisième théorème, l'auteur se propose de trouver un cylindre, de même diamètre et de même matière que le fléau, qui pèse exactement comme le poids compensateur ; voici par quelle construction élégante il trouve la hauteur de ce cylindre :

Soit *ab* (*fig. 17*) le fléau ; soient *g* le point de suspension, *ga* le petit bras, *gb* le grand bras. A partir du point *g*, prenons sur le grand bras *gb* une longueur *gd* égale au petit bras *ga* ; par le point *d*, élevons à *ab* une perpendiculaire *de* égale à *bd* ; joignons *ae* et prolongeons cette ligne jusqu'à ce qu'elle rencontre en *z* la perpendiculaire élevée à *ab* par l'extrémité *b* du grand bras ; *bz* sera la longueur cherchée.

La démonstration de ce théorème se tire aisément de la formule (1) qui traduit, en notre langage actuel, le premier théorème du *De canonio*.

De cette construction, l'auteur tire la solution de ce problème : Connaissant le fléau et le poids qui doit compenser l'excès de pesanteur du grand bras sur le petit bras, déterminer la place du point de suspension.

La réponse à cette question forme le quatrième et dernier théorème de ce petit écrit, relique élégante de la méthode par laquelle les Alexandrins traitaient la Mécanique.

(A suivre.) P. Duhem.

VARIÉTÉS

I

LE PROBLÈME DES MONDES SEMBLABLES

Dans un article de la science la plus sûre et où abondent les aperçus profonds sur diverses questions cosmogoniques (1), M. le Colonel du Ligondès a fort bien établi cette proposition : " Il n'existe pas, il ne peut pas exister dans tout l'Univers, deux Mondes semblables comme figure, dimensions, etc., s'ils ne sont pas rigoureusement identiques „. Mais l'auteur considère cette proposition comme équivalente à cette autre : " Les apparences de l'Univers ne sont pas indépendantes de ses dimensions, un observateur majoré ou minoré dans la même proportion que le Monde qu'il habite s'apercevrait du changement opéré en lui et autour de lui „. On reconnaît la thèse du *Megamicros* de Delbœuf à laquelle M. du Ligondès adhère sans réserve. Pourquoi donnons-nous, de notre côté, pleine adhésion à la première proposition, tandis que nous avons naguère longuement discuté avec notre vieil ami de Liége (notre amitié fut la conséquence de la dispute, qui naturellement ne nous mit pas d'accord) ? Telle est la question à laquelle il nous faut d'abord répondre.

Dans son énoncé personnel, M. du Ligondès considère deux Mondes coexistant dans un même Univers ; Delbœuf parle d'un changement général des dimensions de tout l'Univers. Dans le premier cas, il ne s'agit, à vrai dire, que de deux objets semblables constitués avec la même matière ; et alors toute contestation est impossible. Mais, quand il s'agit de la réduction générale

(1) *Les Dimensions de l'Univers,* dans la Revue des Questions scientifiques de janvier 1904, p. 71.

d'un Univers, deux manières de concevoir la question se présentent, l'une se modelant sur le cas précédent et l'autre répondant seule à la question de la relativité de l'espace. L'accord de M. du Ligondès et de Delbœuf montre que l'auteur de *Megamicros* avait adopté la première de ces manières. Un résumé de notre polémique mettra en évidence l'opposition des conceptions.

Delbœuf étudie ce qui se passerait sur la terre dans un Univers où les dimensions seraient réduites de moitié et, comme alors son rayon serait à peu près égal au rayon actuel de la planète Mars, il appelle *martiens* les habitants de cette terre réduite. Il montre que la pesanteur a diminué aussi de moitié, et, comme les volumes sont réduits au 1/8, le nouveau litre d'eau ne pèse que 1/16 de notre kilogramme. D'autre part, le mètre ne vaut plus que 50 de nos centimètres, et dès lors le kilogrammètre est réduit au 1/32 du nôtre. Or, ajoute Delbœuf, la force des habitants, qui est proportionnelle au volume ou à la masse de leurs muscles, n'est réduite qu'au 1/8, d'où il résulterait qu'ils seraient capables de produire un travail quadruple du nôtre.

Cette argumentation est irréprochable jusqu'au moment où il est question de la force des martiens ; mais là il est supposé implicitement que la chaleur produite par la combustion du carbone, par exemple, s'est réduite dans la même proportion que son volume. Or cette proposition, incontestable si l'on suppose que la constitution intime des corps n'a subi aucun changement, ne l'est plus si l'on admet que le nombre des atomes ou molécules est resté dans le volume réduit ce qu'il était dans le volume primitif, avec réduction de leurs masses au huitième et de leurs distances mutuelles à la moitié (1).

Dans ce dernier cas, on peut se rendre compte que la réduction des dimensions dans le rapport de 1/2 doit ramener la chaleur dégagée au 1/32, car cette chaleur est due à la force vive acquise, puis perdue par les atomes du carbone et de l'oxygène : des deux facteurs de cette force vive, la masse est en effet réduite au 1/8, et le carré de la vitesse au 1/4 (2).

(1) On se demande comment on a pu prêter aux partisans de l'indiscernabilité des mondes semblables la pensée que, dans le monde réduit, le nombre des molécules l'était aussi : réduisez une caisse pleine de balles, vous aurez, non une boîte pleine des mêmes balles, mais une boîte pleine de grains de plomb.

(2) Rien n'oblige, il est vrai, à faire varier les masses proportionnellement aux volumes ; mais la modification que subirait la force vive

A cette objection que nous avions formulée dans la Revue Philosophique, Delbœuf répondit en ces termes (1) : " Que m'objecte M. Lechalas ? Il me dit — d'accord en ceci avec M. Tannery — que l'hypothèse de la réduction ou de l'amplification de l'univers implique qu'on poursuive cette réduction ou cette amplification jusque dans les particules les plus ténues des êtres. Et là-dessus il triomphe. Soit ! Mais, qu'il me permette de le lui dire, il enfonce une porte ouverte, et c'est à mon tour de triompher. — Qu'est-ce, en effet, que créer un carbone martien dont les atomes constituants ne sont plus que le 1/8 des atomes du carbone terrien et sont situés à la distance 1/2, de sorte que la chaleur dégagée par leur chute sur les atomes réduits d'un oxygène hypothétique n'est plus que le 1/32 de la chaleur dégagée sur la terre, si ce n'est supposer que les *propriétés du carbone et de l'oxygène dépendent uniquement du volume des atomes et de leurs distances*, c'est-à-dire *de la figure géométrique qu'ils forment dans l'espace euclidien ?* Auquel cas il va de soi que la minoration ou la majoration de cette figure géométrique ne porte nulle atteinte à l'essence de ces mêmes propriétés. „ Après avoir développé cette pensée, Delbœuf conclut ainsi : " En un mot, si l'univers n'était qu'une figure géométrique (euclidienne), il participerait des propriétés des figures géométriques. C'est un truisme. Mais précisément il y a dans l'univers d'autres forces que la gravitation, d'autres propriétés que des propriétés géométriques — du moins il y a lieu de le penser. M. Lechalas les méconnaît et passe à côté d'elles. „

D'abord il convient de mettre de côté l'euclidianisme de la géométrie, car, si dans un univers non-euclidien une figure ne peut en général être majorée tout en conservant sa forme et en restant dans cet Univers, l'ensemble de celui-ci peut l'être dans sa totalité, avec son paramètre lui-même qui subit la même majoration. Ensuite il n'est pas exact de dire que nous ne voyons dans l'univers qu'une figure géométrique : nous le considérons comme un système *mécanique*. Si l'on n'admet pas la réductibilité des propriétés physico-chimiques à des phénomènes mécaniques, au sens large du mot, il est clair que le problème des mondes semblables demeure sans solution, puisque chacun peut

altérerait dans le même rapport la valeur du travail, en sorte que la question est ici sans intérêt.

(1) Revue Philosophique de janvier 1894, p. 82.

accorder aux substances chimiques du monde minoré les propriétés qui lui conviennent. Argumenter sur la question, c'est admettre l'hypothèse mécanique ou parler pour ne rien dire. En tous cas, nous sommes fondé à remarquer que refuser de réduire les éléments des corps de façon à en laisser le nombre constant (1), c'est se placer absolument en dehors du problème des mondes semblables et y substituer celui des objets semblables, comme nous l'avons déjà dit.

M. du Ligondès a parlé de Laplace, et l'on a vu, par la citation qu'il en a donnée, que, pour l'auteur de la *Mécanique céleste*, si certaines forces ne sont pas inversement proportionnelles au carré des distances, les phénomènes qui en dépendent varient avec l'échelle du monde. Il faut reconnaître qu'un examen superficiel ferait facilement adopter cette opinion. La loi newtonienne exprime que l'accélération relative imprimée par un corps de masse m à un autre corps de masse m', situé à une distance r, est proportionnelle à $\frac{m+m'}{r^2}$: or cette expression se réduit dans le même rapport que les dimensions du monde, puisque m et m' sont de puissance 3 par rapport aux dimensions linéaires. On voit que la réduction aurait lieu dans un autre rapport si r figurait au dénominateur avec un autre exposant.

La solution de la difficulté est simple. L'accélération relative communiquée par un corps ou un élément matériel à un autre étant proportionnelle à la somme de leurs masses et à une certaine fonction de leur distance, si les mouvements ne répondent plus, après la réduction proportionnelle, aux mêmes formules qu'auparavant, pour un observateur ayant conservé une échelle invariable, cet observateur pourra opérer la rectification de ses formules soit en changeant les valeurs attribuées aux masses, soit en revisant les fonctions des distances. Renouvier a essayé du premier procédé, et de fait a échoué (2), ce qui était facile à prévoir : les masses des corps n'étant que des coefficients dont les rapports seuls sont déterminés, notre observateur est libre d'attribuer aux masses des corps du monde réduit des valeurs quelconques, pourvu qu'elles soient proportionnelles aux valeurs admises dans le monde primitif pour les corps correspondants. En

(1) S'il s'agit d'atomes qui, pour nous sont inétendus, ce n'est naturellement pas leurs volumes mais seulement leurs distances qui peuvent être réduites.

(2) Voir notre *Étude sur l'espace et le temps*, p. 112.

usant de cette liberté, il fait une simple opération arithmétique, sans portée aucune et d'où il ne saurait rien tirer.

C'est donc aux fonctions des distances qu'il faut s'adresser, et, en ce faisant, on ne fera qu'opérer une revision qui s'imposait, car on peut affirmer *à priori* que, s'il existait dans le monde primitif des forces dont les lois fussent différentes les unes des autres, les formules exprimant ces lois pour le monde réduit, en conservant la première échelle, doivent forcément différer des premières : en effet, si les formules primitives donnaient, par exemple, l'égalité pour une certaine distance, les nouvelles devraient la donner pour une distance moitié moindre. Comme d'ailleurs il n'y a aucune nécessité d'attribuer une valeur spéciale au coefficient de variation des masses, la formule de transformation doit, pour être générale, comprendre un coefficient arbitraire. Établissons cette formule.

Soient j et j_1 les accélérations avant et après la réduction, l et l_1 deux longueurs correspondantes et k un coefficient arbitraire. On a :

$$\frac{j}{j_1} = \frac{l}{l_1} = \frac{(m+m')\,\varphi(r)}{(m_1+m_1')\,\varphi_1(r_1)},$$

et

$$\frac{m+m'}{m_1+m'_1} = k.$$

On en tire :

$$\varphi_1(r_1) = k\,\varphi(r)\,\frac{l_1}{l}.$$

Or

$$r = r_1\,\frac{l}{l_1}.$$

D'où :

$$\varphi_1(r_1) = k\,\varphi\left(r_1\,\frac{l}{l_1}\right)\cdot\frac{l_1}{l}.$$

Comme vérification, si nous supposons que les masses varient proportionnellement aux volumes et que $\varphi(r) = \frac{1}{r^2}$, nous trouvons $\varphi_1(r_1) = \frac{1}{r_1^2}$.

On voit maintenant à quoi se réduit le privilège attribué par Laplace à un monde où toutes les forces seraient inversement proportionnelles au carré des distances : il consiste en ce que, si un observateur extérieur, c'est-à-dire conservant une unité de mesure non soumise à la réduction, admet que les masses varient proportionnellement aux volumes, les lois dynamiques seront exprimées par les mêmes formules qu'avant cette réduction (ou majoration). Quant à l'observateur intérieur, dont

l'échelle de mesure varie en même temps que les dimensions du monde, pour lui, les formules restent immuables, quelles qu'elles soient.

En terminant, remarquons que l'indiscernabilité des mondes semblables s'étend au cas où les vitesses varient proportionnellement suivant un rapport quelconque, indépendant du rapport de variation des longueurs.

Que résulte-t-il, en effet, d'une variation proportionnelle des vitesses, indépendamment d'un changement dans les grandeurs géométriques, au point de vue de l'étude cinématique du monde? Comme la mesure d'une vitesse est donnée par le rapport d'un espace au temps employé à le parcourir et comme, d'autre part, ce temps se mesure lui-même par un autre espace parcouru simultanément avec le premier, un accroissement proportionnel de toutes les vitesses ne changera pas plus leurs valeurs numériques qu'un accroissement des dimensions ne change celles des longueurs, et ces vitesses aux valeurs identiques à celles des premières correspondront à des temps numériquement identiques aussi aux temps correspondant aux premières vitesses. D'où il résulte que l'apparence cinématique du monde n'aura pas changé.

Si l'on remarque maintenant que la notion et la mesure de la masse, ainsi que la détermination de toutes les lois expérimentales de la dynamique résultent exclusivement de l'étude des mouvements dans l'univers, on doit conclure que les unes et les autres ne seront aucunement modifiées par des changements proportionnels soit de toutes les dimensions, soit de toutes les vitesses, puisque la mesure des unes et des autres restera identiquement ce qu'elle était auparavant.

On voit apparaître ici la conclusion que l'hypothèse d'un changement proportionnel universel est à vrai dire dénuée de sens, que l'espace et le temps sont purement relatifs, du moins à un point de vue purement scientifique. Nous ne voyons pas de motif d'ailleurs pour ne pas accorder une portée métaphysique à cette conclusion.

Dans cette simple note, destinée uniquement à signaler la portée illégitime qu'on pourrait donner à la belle étude de M. le Colonel du Ligondès, nous n'avons pu entrer dans tous les détails que comporterait cette question déjà étudiée par nous d'une façon un peu moins incomplète dans notre *Étude sur l'espace et le temps*.

G. Lechalas.

Nous avons communiqué l'article précédent à M. le Colonel du Ligondès qui nous a prié d'y joindre les observations suivantes.

N. D. L. R.

M. Lechalas a parfaitement raison de signaler la portée illégitime que beaucoup de lecteurs seraient tentés d'attribuer à cette phrase qui sert de conclusion à mon étude : *Les dimensions de l'Univers sont absolues.* Mieux aurait valu dire : *Les apparences de l'Univers dépendent de ses dimensions.* Cela eût même été plus conforme au texte du début de l'article. Toutefois, les considérations développées par M. Lechalas à l'appui de l'indiscernabilité des mondes semblables ne me paraissent en rien détruire mon argumentation.

" L'espace et le temps sont purement relatifs ", affirme mon savant contradicteur. Je n'en disconviens pas, et je ne me laisserai pas entraîner à ce sujet sur le terrain de la métaphysique. Mais, ai-je parlé une seule fois de l'espace ou du temps ? Je me suis borné à étudier, dans un système matériel soumis aux lois connues de la physique et de la mécanique, les conséquences d'un changement proportionnel de toutes les dimensions. Je crois avoir montré, et M. Lechalas n'y contredit pas, qu'un pareil changement entraîne une modification complète des apparences. M'appuyant sur une autorité que personne ne contestera ici, je puis dire, avec le P. Carbonnelle, que l'Univers visible est un ensemble de systèmes matériels en nombre *fini*. Le volume occupé par tous ces Mondes répandus dans l'espace *indéfini* est nécessairement limité lui aussi. Il pourrait donc exister quelque part un autre Univers dont le volume ou, pour mieux dire, la quantité de matière serait différente de celle du nôtre. Même si à l'origine ces deux Univers avaient été formés de deux masses chaotiques exactement semblables, à coup sûr aujourd'hui ils ne se ressembleraient pas. La simplicité des lois de la nature nous permet donc de voir dans le Monde créé autre chose que des rapports purement géométriques. C'est tout ce que j'ai voulu dire.

Je crois devoir ajouter cependant que, dans les calculs relatifs à la similitude, il importe peu que l'Univers s'accroisse par l'addition de matériaux nouveaux ou par une majoration individuelle de tous ses éléments et de leurs distances mutuelles. Voici une sphère formée elle-même d'une multitude de petites sphérules jointives. Elle représentera pour nous la matière incompressible dont j'ai parlé dans ma critique des propositions de Laplace.

Plus loin une autre sphère, constituée de la même manière à cette différence près que son volume, correspondant à un diamètre double, contient huit fois plus d'unités. Ces deux sphères, qui se trouvent respectivement placées pour l'observateur à des distances proportionnelles à leur rayon, ne semblent pas pouvoir se distinguer autrement que par le nombre de leurs éléments. Cependant, il n'en est rien et nous savons que, par comparaison avec la première, la pression à l'intérieur de la seconde est, pour une surface homologue, quatre fois plus forte. Si, dans la plus grande des deux sphères, nous réunissons en une seule sphérule chaque groupe de huit petites sphérules jointives, nous aurons formé pour l'œil un système matériel exactement semblable au plus petit. Mais cette transformation ne change pas la quantité de matière contenue dans un volume donné. La pression intérieure reste donc partout la même, c'est-à-dire quatre fois supérieure à celle que développe dans la petite sphère le poids d'un même nombre de sphérules semblables et semblablement placées.

Substituons maintenant à nos sphérules les atomes de l'hypothèse corpusculaire, et nous pourrons dire que nous changerons aussi bien la face du Monde en faisant croître les distances des atomes et les charges électriques de leurs corpuscules qu'en augmentant le nombre des atomes eux-mêmes. Dans l'un et l'autre cas l'énergie potentielle sera toujours accrue.

R. L.

II

LE COTON

Peu de produits ont atteint une importance aussi considérable que le coton; aussi voyons-nous de toutes parts les gouvernements s'occuper de la culture de cette plante éminemment utile. Si l'on en croit les résultats des essais, et en supposant qu'ils puissent être généralisés, ce produit sera bientôt amené sur le marché en immense quantité, mais avant d'obtenir une réussite complète il y aura encore bien des déceptions.

Il ne nous est pas possible de donner des statistiques complètes de la production et du commerce du coton pendant l'année 1903; mais quelques données correspondant aux années 1900 et

1901, montreront la progression considérable de cette production ; nous avons arrondi les chiffres des tableaux suivants.

Estimation de la récolte visible du coton

	Balles de 450 livres anglaises, net (200 kilos) 1902	1903
États-Unis	11 493 000	11 101 000
Indes Anglaises	3 050 000	2 713 000
Égypte	1 399 000	1 153 000
Divers (Asie centrale, Pérou, Brésil, etc.)	898 000	898 000
Indo-Chine, Annam, Tonkin	10 000	
Chine, Corée	1 600 000	1 600 000
	18 450 000	17 465 000

En réduisant ces chiffres en kilos et en les comparant aux données relatives aux années précédentes on trouve, pour la production totale du coton depuis 1896, les chiffres suivants :

1902	3 690 000 kilos
1901	3 493 000 „
1900	3 249 000 „
1899	3 799 000 „
1898	3 600 000 „
1897	2 900 000 „
1896	2 700 000 „

Ce qui donne pour les moyennes triennales :

1900-1902	3 477 000 000 kilos
1899-1901	3 514 000 000 „
1898-1900	3 549 000 000 „
1897-1899	3 433 000 000 „
1896-1898	3 067 000 000 „

Elles montrent que la production cotonnière est restée stationnaire dans ces dernières années, mais qu'elle a notablement augmenté quand on la compare à ce qu'elle était il y a cinq ans. D'autre part, si le nombre de kilos produits ne s'est pas accru, celui des filatures a augmenté d'une manière constante.

Sans entrer ici dans le détail de la statistique des broches à coton existant dans les filatures du monde, nous tenons à donner la série des broches existantes depuis 1896 :

1902	110 000 000
1901	107 158 000
1900	105 145 000
1899	100 928 000
1898	97 960 000
1897	96 436 000
1896	94 833 000

Le premier de ces nombres peut se partager comme suit :

Grande-Bretagne	47 000 000
Europe continentale	33 900 000
États-Unis	21 400 000
Indes	5 200 000
Divers (Chine, Japon, Indo-Chine)	2 500 000

Les principaux pays producteurs de coton sont : les États-Unis de l'Amérique du Nord, l'Égypte et les Indes. La Chine en produit également en assez grande quantité, mais cela est sans importance pour le commerce extérieur, car toute ou presque toute cette production est accaparée par la consommation indigène. On estime la production de coton chinois à environ 1 500 000 balles de 200 kilos. Les États-Unis possèdent actuellement la plus grande surface de terrain dévolue à cette culture; en 1894, cette surface était de 23 000 000 d'acres ; en 1900, elle a atteint 25 500 000 acres; en 1902, 27 500 000 et, en 1903, elle a été estimée à 27 600 000 acres. Il est permis de croire que les États-Unis développeront cette culture, car il existe en Amérique quantité de terres qui s'y prêtent, mais qu'on n'aménagera pas sans efforts.

Mais si on peut espérer une augmentation de la production américaine, on ne peut guère songer à voir le coton des Indes Anglaises acquérir une grande prépondérance sur le marché, car là il n'y a guère de terrains libres et, depuis plusieurs années, les surfaces dévolues à la culture du coton ne se sont guère étendues, comme le montrent les chiffres ci-dessous.

1901	15 367 000 acres
1900	12 825 000 „
1899	15 813 000 „
1898	15 612 000 „
1897	16 066 000 „

D'ailleurs la production de ces régions ne doit guère être envisagée dans le grand commerce, parce que la plus grande partie de cette production est consommée sur place, et le développement de l'industrie cotonnière qui s'est manifesté dans

cette région aura pour résultat indéniable de diminuer dans une forte proportion la quantité de coton des Indes Anglaises et de l'Extrême-Orient arrivant sur les marchés d'Europe.

Quant à l'Égypte sa production cotonnière augmentera certainement, mais on peut se demander si cette augmentation suffira aux besoins de l'industrie, car le produit un peu spécial fourni par les cotonniers d'Égypte sert à la fabrication des fils mercerisés (cotons-soie) et est absorbée avec grande facilité.

Ainsi, malgré l'augmentation de production constatée et celle que l'on peut prévoir, l'industrie cotonnière n'est pas à l'abri de craintes sérieuses pour l'avenir; c'est ce qu'ont compris les pays coloniaux et c'est pour essayer d'augmenter la production que se sont fondés : *The British cotton growing association* en Angleterre, *L'Association cotonnière coloniale* en France ; c'est dans le même but que le *Kolonial Wirtschaftlichen Komitee* de Berlin et l'État-Indépendant du Congo ont mis tout en œuvre pour essayer de faire naître ou de multiplier les cultures de ce textile dans leurs territoires.

Sans entrer davantage dans tous les détails statistiques de la consommation du coton, il n'est peut-être pas sans intérêt de donner une idée du nombre de balles de coton consommées par les États-Unis, mises en regard de la production, pendant une période de dix ans.

Consommation et production du coton en Amérique de 1892 à 1902

	Consommation en balles de 500 livres, net	Récolte en balles de 450 livres, net	Proportion
1892-1893	2 421 000	7 020 000	34 50
1893-1894	2 287 000	7 905 000	28 93
1894-1895	2 619 000	10 533 000	25 00
1895-1896	2 470 000	7 553 000	32 00
1896-1897	2 717 000	9 201 000	29 52
1897-1898	2 922 000	11 972 000	24 40
1898-1899	3 582 000	12 156 000	29 50
1899-1900	3 687 000	9 997 000	37 00
1900-1901	3 435 000	11 101 000	31 00
1901-1902	3 908 000	11 493 000	34 00

En résumé, la production du coton augmente relativement fort peu depuis quelques années, mais par contre l'industrie cotonnière se développe rapidement ; de là hausse du prix de la marchandise, et les prévisions ne sont pas favorables à une baisse prochaine.

É. D. W.

BIBLIOGRAPHIE

I

Lehrbuch der analytischen Geometrie, bearbeitet von O. Fort und O. Schlömilch. Erster Teil : *Analytische Geometrie der Ebene*, von O. Fort. Siebente Auflage. Besorgt von R. Heger in Dresden. Un vol. grand in-8° de 268 pages, avec figures dans le texte. — Leipzig, Teubner, 1904.

Cet ouvrage, dont la première édition remonte à environ un demi-siècle, a été réédité trois fois par son auteur et trois fois par M. R. Heger. La présente édition ne s'écarte des précédentes que par des améliorations de détails. Ce petit traité est strictement élémentaire : il est resté fermé aux théories nouvelles — coordonnées homogènes, coordonnées linéaires — qu'il a vues, au cours de sa carrière déjà longue, se développer et s'implanter dans des manuels analogues. Il a voulu rester fidèle à ses premiers lecteurs, aux élèves de l'École polytechnique de Dresde. Le désir de leur être utile, ou, du moins, de les intéresser, a dirigé le choix des matières, dans la mesure permise, vers les questions susceptibles d'interprétations ou d'applications graphiques. Telle, par exemple, la génération des coniques par l'intersection de faisceaux projectifs.

L'ouvrage est bien divisé. Citons, en nous bornant aux titres principaux, quelques numéros de la table des matières :

Chapitre III. La circonférence.

1. Équations de la circonférence.

2. La circonférence et la droite : équation aux abscisses; son discriminant. Diamètre. Normale. Tangente. Polaire.

3. Deux circonférences : sécante commune. Axe radical. Situation relative de deux circonférences.

4. Circonférence en coordonnées obliques.

Chapitre IV. La parabole.

1. L'équation $y^2 = 2px$: construction de la parabole. Foyer.

2. La parabole et la droite : Axe. Tangente. Normale. Sous-normale.

3. La parabole et la circonférence : équation aux abscisses des points d'intersection. Cercle osculateur. Centre de courbure.

4. Quadrature.

On a placé à la fin du livre la définition des courbes classiques : cissoïde, lemniscate, spirales, cycloïdes. Peut-être eût-il été préférable, au point de vue de l'enseignement, de sacrifier l'ordre logique des matières et de rejeter en tête, à la manière traditionnelle des manuels français, ces quelques exemples de lieux géométriques, qui familiarisent les débutants avec la représentation analytique des courbes.

L'auteur fait deux études successives des coniques. La première, individuelle et détaillée, a surtout pour objet les propriétés géométriques particulières ; la seconde, plus analytique, part de l'équation générale du second degré, la discute, la ramène aux formes simples et s'attache à en déduire les propriétés générales des lignes du second degré. Nous aurions voulu rencontrer les définitions relatives à la projectivité et à la perspectivité des faisceaux, non dans le chapitre des courbes du second degré, mais à la fin du chapitre de la droite, où elles auraient trouvé place à côté des considérations sur les rapports harmoniques. L'emploi de l'anomalie excentrique facilite la théorie des diamètres conjugués de l'ellipse.

Les démonstrations sont simples ; elles se font sans aucun recours explicite aux notions d'analyse infinitésimale. L'exposé entre dans tout le détail du raisonnement.

On peut regretter, pour la perfection typographique de l'ouvrage, que les caractères destinés à mettre en relief certains énoncés ne tranchent pas suffisamment sur le texte général.

La table des matières est très détaillée.

D. T.

II

Propagation de l'Électricité, histoire et théorie, par Marcel Brillouin, professeur au Collège de France. Un vol. grand in-8° de 398 pages, avec figures et planches. — Paris, A. Hermann, 1904.

Table des matières.

Livre I. — *Historique.* 1. Fin du XVIIe siècle. Cavendish. — 2. Débuts du XIXe siècle. Davy, Barlow, Becquerel. — 3. Ohm. — 4. Kirchhoff, Clausius.

Livre II. — *Courants permanents ou variables sans induction. Notations.* 1. Courants dans l'espace. — 2. Électrodes de grande conductibilité. — 3. Évaluation approximative des résistances. Lord Rayleigh. — 4. Résistance d'un cylindre. Électrodes diverses. — 5. Quelques propriétés de la fonction J_0 de Bessel. — 6. Câbles. État variable. — 7. Champ électrostatique des courants. — 8. Champ électrostatique particulier.

Livre III. — *Induction* 1. Expériences fondamentales. Induction dans les circuits fermés immobiles. — 2. Induction dans les circuits fermés immobiles. Théorie. — 3. Quelques applications. — 4. Fils parallèles. — 5. Bobines cylindriques. Bobines sphériques. — 6. Distribution spontanée du courant. — 7. Propagation avec capacité et induction. Mémoire de Kirchhoff. — 8. Propagation avec induction et capacité. Discussion.

Livre IV. — *Champ électromagnétique.* 1. Champ d'induction avant Maxwell. — 2. Le champ de force électrique; Maxwell, Hertz. — 3. Champ d'un élément de courant. — 4. Le champ de l'excitateur de Hertz; K. Pearson et A. Lee. — 5 Oscillations d'une sphère. — 6. Oscillations d'un ellipsoïde de révolution autour de son grand axe.

Tables numériques. Planches.

La méthode adoptée dans cet ouvrage est conforme aux idées, récemment mises en lumière par des savants de valeur, sur la nature des sciences et leur exposé logique. A ce titre — qui n'exclut pas les autres — le présent traité peut servir de modèle à quiconque veut écrire un chapitre de la physique.

Un aperçu historique sert d'introduction. Les premiers faits sont observés. Des conditions déterminées, qu'une expérimentation sagace parvient à isoler et à préciser, donnent invariablement naissance aux mêmes phénomènes. Ceux-ci seront regardés comme *fonctions* des conditions qui les ont amenés. Explicitées, réduites en formules quantitatives ou mathématiques, ces fonctions constituent les *lois expérimentales* proprement dites.

Cavendish, Davy, Barlow, Becquerel, Ohm déchiffrent dans les expériences les lois fondamentales relatives à la résistance des conducteurs. Sous la plume de M. Brillouin, le récit succinct de leurs découvertes est, cela va sans dire, non une compilation de faits, mais une histoire des idées. Les lois expérimentales, trouvées isolément, se sont naturellement fusionnées et résumées dans une image : celle du *courant* électrique.

Par motif de commodité, d'*économie intellectuelle*, les savants cherchent à réunir les lois particulières en des lois plus générales. Tantôt l'analyse mathématique seule peut opérer la synthèse : tel l'exemple classique des lois de Kepler, condensées, par

l'application des formules de la mécanique classique, en une loi unique, celle de Newton, qui les contient toutes, *ni plus ni moins*. Tantôt le jeu des combinaisons analytiques ne parvient pas, faute d'éléments suffisants, à réaliser la synthèse. Dans ce cas on a fait appel aux *images* ou *hypothèses*. Pénétrant sous la surface du phénomène, le chercheur s'efforce de deviner — disons mieux — d'*inventer de toutes pièces*, une structure intime de la matière, un substratum de son activité qui rende compte des faits observés et qui, dès lors, puisse équivalemment les remplacer. Imaginer une telle structure, un tel mécanisme, en déduire, comme conséquences, une catégorie de lois expérimentales, c'est édifier une *théorie physique*. La part de l'arbitraire est large, qui ne le voit ? Présentez à un mécanicien une montre fermée. Il pourra tracer l'épure de mille systèmes mécaniques différents qui expliqueront la loi du mouvement des aiguilles jusque dans ses moindres irrégularités périodiques. Quel est le jeu réel de rouages qui produit ce mouvement ? Il serait puéril de demander au dessinateur le *plan vrai* de la montre, s'il ne peut en pénétrer le secret. On ne peut ni plus exiger, ni plus attendre, ni plus accepter du savant. Aussi les hypothèses qu'il fait n'ont rien à voir avec le substratum réel des phénomènes. Quand elles ont mené à une formule mathématique, à l'*équation différentielle* d'un groupe de lois particulières, leur rôle est achevé : l'équation différentielle est le véritable point de départ logique du développement de la science. Basée sur une hypothèse, elle est *suggérée*, sans doute ; elle n'est *pas démontrée ;* elle est *posée*.

Si la théorie, comme telle, ne peut revendiquer, dans l'édifice logique d'une science, qu'une place tout à fait secondaire, il n'est personne qui conteste la part immense qui lui revient, dans l'orientation des recherches scientifiques. L'histoire des théories sera pour le savant qui aime sa science et veut la raisonner un sujet attachant, fertile en leçons ; pour le maître, s'il veut intéresser en instruisant, une introduction quasi nécessaire tant elle est naturelle et tant elle pénètre les termes mêmes dont il devra se servir. Le problème que l'hypothèse cherche à résoudre est en lui-même indéterminé. Toutes les solutions ne sont pas, en fait, également possibles. L'éclosion des théories subit singulièrement l'influence du milieu. La première théorie de la conductibilité électrique en est un exemple évident et qui, d'ailleurs, n'est pas isolé. La suite des découvertes a conduit naturellement à la conception des phénomènes de l'électricité galvanique sous

l'image du *courant* électrique; cette image et le voisinage de la théorie de la chaleur de Fourier et de Poisson amènent Ohm à établir son hypothèse de la propagation par continuité. " Ainsi considérée, au milieu de ses autres mémoires, sa *Théorie mathématique du circuit galvanique* est bien ce que devait produire dans un esprit capable d'abstraction la notion de résistance acquise expérimentalement. „

La théorie d'Ohm fut bientôt supplantée. Qu'exige-t-on d'une théorie ? C'est qu'elle fournisse une *formule commode de classification* d'un groupe de lois expérimentales. Une science est constituée, à une époque donnée, par l'ensemble des théories qui résument les faits connus. Elles peuvent se coudoyer sans se connaître, empiéter sans scrupule sur le domaine de leurs voisines, se contredire entre elles, qu'importe. Le choix des théories dont la réunion représenterait l'acquis d'une science est, en soi, parfaitement arbitraire, et n'est dicté pratiquement que par la préoccupation instinctive de l'économie. Plus une formule embrassera de lois, plus elle sera simple et d'un maniement aisé en vue d'en dégager les conséquences, plus, en général, elle aura chance de s'attirer la *vogue* scientifique. Faudra-t-il préférer à une formule unique, mais encombrante, plusieurs formules distinctes, même issues d'hypothèses contradictoires, si elles sont d'un usage plus commode ? Pourquoi pas ? Le problème de minimum qui se pose ici relève non du calcul des variations, mais de l'histoire.

A la théorie de Ohm, applicable aux courants, succède celle de Kirchhoff. Cette dernière, qui pousse plus loin la synthèse des faits, en ramenant les phénomènes du courant à la théorie de l'électrostatique, devait l'emporter sur sa devancière. Une hypothèse fait le lien, hypothèse qui semblait même contredite par certains faits. Kirchhoff ne s'en inquiéta point. " Suivi en cela par un grand nombre de mathématiciens modernes, Kirchhoff est satisfait lorsque l'hypothèse a pris une forme analytique qui permet d'écrire les équations du problème. „ M. Brillouin fait une analyse substantielle du mémoire fondamental de Kirchhoff; il y rattache, à la suite de Clausius, la loi de Joule. Les équations de Kirchhoff permettent de pousser fort loin déjà l'étude de la propagation. Le livre II, courants sans induction, en dérive entièrement. L'auteur y fait des applications particulières. La fonction de Rayleigh est clairement introduite. La question de l'état variable dans les câbles est traitée avec assez de développement.

Faraday, en 1831, découvre les lois qualitatives de l'induction. Peu après, Lenz les précise et les complète. Vers 1846 paraissent trois mémoires théoriques sur l'induction. Ils sont dus à Weber, Helmholtz et W. Thomson. Le premier se base sur une interprétation mécanique : les deux autres tirent leur conclusion du principe de la conservation de l'énergie et des deux hypothèses suivantes : la résistance d'un fil est entièrement définie par sa nature; la quantité de chaleur dégagée par le courant est proportionnelle à RI^2, quelle que soit l'origine du courant.

Les expériences de Felici sont décrites avec quelque détail. Elles sont en effet des plus propres à *suggérer* la formule différentielle de l'induction mutuelle des courants. Le livre III traite d'abord quelques applications. Il se termine par l'analyse du mémoire de Kirchhoff sur *le mouvement de l'électricité dans les fils*. On sait que l'illustre physicien avait devancé Maxwell en affirmant que la vitesse de propagation des perturbations électriques dans un fil est finie et égale au rapport des unités électrostatique et électromagnétique. Une discussion soigneuse des simplifications introduites par Kirchhoff dans ses équations limite la portée des conséquences qu'il en a déduites, ou modifie ses conclusions.

Jusqu'en 1865, les formules de Kirchhoff, la loi de Joule, la formule d'induction de Weber constituaient le formulaire classique des phénomènes de conductibilité électrique. On peut ajouter qu'on en avait épuisé toute la fécondité. Maxwell créa une théorie nouvelle. L'action électrique n'était plus, pour lui, une action à distance, mais une action de milieu. Sur cette hypothèse il édifie une théorie qui, perfectionnée par Hertz, résumait non seulement les lois connues aussi succinctement que les théories anciennes, mais ouvrait un champ immense de conclusions. Hertz, en 1888, les soumit à l'expérience. Elles furent vérifiées. Les anciennes théories avaient vécu. Simples procédés de classification, elles étaient rejetées le jour où les faits échappaient aux lois qu'elles leur avaient arbitrairement imposées. C'est le sort commun des théories. Laquelle pourrait prétendre s'y soustraire ?

Chose curieuse : si le point de départ de Maxwell semblait bien éloigné des hypothèses de ses devanciers, il devait aboutir à des équations qui ne différaient que fort peu des équations classiques. Une évolution progressive, dont M. Brillouin indique les étapes, eût pu mener les formules de Kirchhoff à la forme actuelle des équations de Hertz-Maxwell.

Trois chapitres d'applications terminent le traité : le champ de l'excitateur de Hertz, les oscillations d'une sphère et d'un ellipsoïde de révolution.

En appendice, nous trouvons quatre tableaux numériques. " Il m'a paru nécessaire, dit l'auteur, de faire faire les calculs numériques indispensables pour rendre utilisables les fonctions qui définissent la distribution sur les ellipsoïdes et la loi d'émission par les ellipsoïdes. Ces calculs ont été faits par M. Kannapell ; des vérifications et des contrôles assez nombreux ont été ménagés ; je crois qu'on peut avoir pleine confiance dans les tables qui terminent le volume. Il y aurait grand intérêt à ce qu'elles fussent plus développées ; mais telles quelles, elles font sortir les fonctions $\mathcal{H}$ et $\mathcal{E}$ des limites de l'analyse pure et permettent de s'en servir dans la plupart des circonstances, sans être arrêté par des calculs préliminaires d'une longueur rebutante. "

Le nom de l'auteur nous dispense d'insister sur les qualités qui distinguent son traité : la parfaite rigueur des déductions analytiques, la clarté de son exposé. Guidé par lui, on sait à tout moment où l'on est et où l'on va. Il ne craint pas de *poser* le problème qu'il compte traiter, dût-il ne pas le résoudre dans toute sa généralité. Il emploie constamment les mêmes notations et les mêmes unités (U E M). Il insiste au besoin sur les différences des notions qui sont, malheureusement, désignées par une même appellation.

Sous sa plume, le langage mathématique est vivant. Dans les transformations de formules, le but qu'il veut atteindre reste visible.

L'auteur déclare dans son avant-propos qu'il n'a pas cherché à écrire un traité d'électricité complet et méthodique : " c'est, conformément, je crois, à l'esprit de l'enseignement du Collége de France, un ensemble de leçons, très inégalement développées, suivant que le sujet dont elles traitent est plus ou moins connu par les publications françaises, ou qu'il m'a paru comporter quelques remarques historiques ou théoriques nouvelles. Quant au mode d'exposition et d'enchaînement des idées et des faits, je ne le donne pas comme préférable à tout autre, mais comme assez différent de ceux qui sont ordinairement adoptés par les auteurs français, et en lui-même assez satisfaisant dans le domaine étudié pour provoquer la comparaison, faire réfléchir le lecteur et l'aider à construire pour lui-même l'édifice le mieux approprié à la nature de son esprit. "

Nous sommes assuré que le lecteur de l'ouvrage de M. Brillouin préférera sa méthode à toute autre. Si, par la rigueur de ses déductions, par l'ordonnance des doctrines, ce livre s'approche des superbes traités complets de Poisson, il nous semble que son allure dégagée, son indépendance vis-à-vis des théories qu'il discute finement, lui réservent une place à côté des traités si originaux de J. Bertrand.

D. T.

III

Cours élémentaire d'Astronomie et de Navigation, par P. Constan, Professeur d'hydrographie de la marine. 2 vol. in-8° de 264 et 307 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1903 et 1904.

Le but de l'auteur, en écrivant cet ouvrage, a été non seulement de donner le développement complet du programme des brevets simple et supérieur de capitaine au long cours (programme qui est celui même de son enseignement), mais encore de réunir tous les renseignements théoriques et pratiques qu'un capitaine de navire moderne peut avoir besoin de connaître. Lui-même, ancien officier de la marine militaire, il n'a eu qu'à interroger son expérience personnelle pour être fixé sur ce qu'il convenait d'ajouter aux programmes officiels de façon à répondre à tous les besoins de la navigation la plus perfectionnée. Très averti des procédés les plus commodes, les plus rapides et les plus pratiques, il ne manque pas d'en faire la description avec des détails tels que le lecteur n'a pour ainsi dire qu'à se laisser conduire par la main pour devenir apte, sans nul effort, à en faire l'application. Somme toute, l'ouvrage de M. Constan est un memento excellent, répondant largement à tous les besoins actuels du navigateur. Peut-être le lecteur déjà initié aux matières dont il traite aura-t-il tendance à trouver qu'il s'étend un peu trop sur des notions généralement considérées comme tout à fait élémentaires. Nous ne saurions à aucun degré partager cette manière de voir. Le public auquel s'adresse avant tout M. Constan n'est pas, en majeure partie, rompu au maniement des méthodes scientifiques au même degré que les élèves des établissements d'enseignement supérieur, et ce n'est pas faire œuvre superflue que d'insister pour lui sur des notions ou

des procédés qui peuvent, au premier abord, sembler un peu terre à terre. Au surplus, l'habitude des spéculations d'ordre assez élevé ne suffit pas toujours à assurer une correcte application des données de la science lorsqu'il ne s'y joint pas un sérieux apprentissage pratique. Dans le domaine auquel il se rapporte, le livre de M. Constan sera un guide très sûr pour un tel apprentissage.

En revanche, nous ne saurions résister au désir de placer ici une critique d'ordre général, qui ne vise nullement l'auteur et ne lui enlève rien de son mérite — au contraire, comme on va voir — mais qui est relative à la façon dont il a dû *nécessairement* traiter nombre de questions par suite des exigences du programme qu'il a eu à développer. Sous prétexte que l'instruction mathématique requise des capitaines au long cours doit répondre à l'idée qu'on attache au mot " élémentaire ", on exclut de leur programme la notion primordiale de dérivée, les astreignant à la comptication des procédés, dits élémentaires, au moyen desquels on s'efforce de suppléer à l'emploi si simple de cette notion. Et même, à la vérité, on n'y supplée point. On procède, dans chaque cas particulier, au moyen d'artifices dont l'élève doit se surcharger la mémoire, à des recherches de limites de rapport qui sont bel et bien des déterminations déguisées de dérivées, de sorte que l'élève ainsi préparé arrive à se servir des dérivées comme M. Jourdain faisait de la prose avec cette circonstance aggravante que cette ignorance — dont l'analogue est sans inconvénient pour M. Jourdain — le prive du moyen de retrouver, le cas échéant, par une marche systématique supprimant tout effort, le résultat dont il a besoin et qu'il peut avoir oublié.

Les exemples à l'appui de cette thèse — et encore une fois nous ne lui en faisons nullement un grief personnel — ne manquent pas dans le livre de M. Constan (1). En particulier, partout

(1) Voici un exemple caractéristique :

En se servant des notations mêmes de M. Constan (T. II, p. 234), on a pour le rayon de courbure de la courbe de hauteur sur la carte de Mercator (en posant $3438 = a$) :

$$R = \frac{ds}{dZ} = \frac{dx}{\cos Z\, dZ} = \frac{a\,dP}{\cos Z\, dZ}.$$

Or, en différentiant l'analogie des sinus

$$\sin P \sin \Delta = \sin Z \cos H,$$

on a :

$$\cos P \sin \Delta\, dP = \cos Z \cos H\, dZ.$$

où il s'agit d'apprécier l'influence d'une erreur on voit intervenir des procédés spéciaux, souvent ingénieux et qui font honneur à l'habileté de l'auteur, mais combien compliqués à cause de l'exclusion de la simple différentiation ! Or, je mets en fait qu'on peut aisément, en deux leçons, trois au maximum, enseigner à qui ne possède que les mathématiques dites élémentaires tout ce qui peut être utile de la théorie des dérivées lorsqu'on ne l'envisage qu'au point de vue de ses applications les plus usuelles. Cette notion, entre toutes fondamentale, figure depuis le 31 mai 1902 au programme de la classe de Philosophie des lycées français (1). Il est à souhaiter qu'elle s'introduise de même partout où elle doit logiquement intervenir — en particulier, pour l'objet que nous avons ici en vue, dans le programme des aspirants au brevet de capitaine au long cours — afin de proscrire à tout jamais ces calculs particuliers destinés à y suppléer, qui font assurément honneur à l'esprit inventif de leurs auteurs mais ne peuvent que rebuter la majorité de ceux à qui on les destine.

Cette observation qui vise, nous tenons à le redire encore, non l'initiative de l'auteur mais une sujétion à laquelle il a dû se soumettre, ne s'applique au surplus qu'à la démonstration de certaines formules ; elle n'intervient pas dans la description des modes opératoires, qui constitue l'objet principal de l'ouvrage et que l'on ne peut que louer sans réserve.

Il nous reste à donner une idée des principales divisions du livre.

Dans le premier volume sont réunies toutes les notions théoriques nécessaires à la pleine intelligence des applications subséquentes.

C'est ainsi que le Chapitre I, consacré aux instruments d'observation, débute par un résumé élémentaire d'optique embrassant

Si on tire de là $\frac{dP}{\cos Z\, dZ}$, il vient pour l'expression de R

$$R = \frac{a \cos H}{\cos P \sin \Delta}.$$

Quelle concision à côté des deux pages de calculs serrés auxquels l'auteur est condamné faute, de par les exigences du programme, de pouvoir recourir à une différentiation !

(1) Voir dans la livraison d'octobre 1903 (p. 594) le compte rendu du petit volume de M. Tannery dans lequel ce programme est développé. Les quelques pages consacrées aux dérivées n'auraient qu'à être complétées par la détermination de la dérivée des fonctions trigonométriques élémentaires pour se prêter aux applications dont il est ici question.

les lois fondamentales de la réflexion et de la réfraction, les propriétés des lentilles et leur utilisation dans la construction des microscopes et lunettes. La description du théodolite, des horloges et chronomètres clôt le chapitre, l'auteur réservant, avec juste raison, celle du sextant pour la partie relative à la Navigation proprement dite.

Les cinq chapitres suivants constituent un Traité de Cosmographie développé avec une grande clarté et un souci constant de la pratique.

Dans le Chapitre II sont données les lois du mouvement diurne, établies les notions fondamentales relatives à la forme et aux dimensions de la Terre, définis les éléments géographiques, indiqués enfin les phénomènes optiques résultant de la présence de l'atmosphère.

Le Chapitre III est consacré à l'étude des divers systèmes de coordonnées en usage dans les problèmes astronomiques, à leur détermination, à leurs relations, aux diverses corrections (parallaxes, demi-diamètres,...) qui s'y rapportent, aux instruments d'observatoire destinés à la mesure des coordonnées fondamentales. Notons en passant le soin tout particulier avec lequel l'auteur précise les relations horaires d'une si haute importance pour le navigateur et dont, en pratique, le maniement exige quelques précautions.

Le Soleil, la Lune, enfin les planètes, les comètes et les étoiles font respectivement l'objet des Chapitres IV, V et VI. Tout y est bien ordonné, clairement expliqué et vraiment mis au point pour le public auquel s'adresse l'auteur (1). A ce point de vue tout ce qui a trait à la mesure du temps par le Soleil mérite d'être loué sans réserve.

Nous en dirons autant du Chapitre VII consacré aux problèmes usuels touchant la prévision des mouvements célestes, ainsi qu'à la détermination des coordonnées géographiques par la résolution du triangle de position.

(1) Nous nous permettrons une petite critique de détail; déduisant le mouvement de la Terre autour du Soleil de l'observation du mouvement du Soleil autour de la Terre (p. 147), l'auteur ajoute que " la Mécanique céleste prouve que c'est la Terre qui tourne autour du Soleil... „ La Mécanique céleste permet d'étudier les mouvements des corps du système solaire *relativement* à des axes dont on place arbitrairement l'origine au centre de l'un d'eux. Lorsqu'on choisit le centre du Soleil, la description de ces mouvements prend la forme la plus simple; c'est tout ce qu'on peut dire.

Mais c'est le second volume, tout entier consacré aux applications de l'Astronomie à la Navigation, qui constitue la partie la plus importante et la plus neuve de l'ouvrage, celle où l'auteur a eu à faire intervenir plus directement son expérience personnelle.

La plupart des déterminations qui se font en mer reposent sur la mesure simultanée d'un temps et d'une hauteur d'astre au-dessus de l'horizon. Le navigateur doit donc être rompu à ce genre d'observation, et ne saurait être trop renseigné sur les circonstances propres à en assurer la complète rigueur. On doit donc savoir bon gré à l'auteur du chapitre, développé dans un esprit des plus pratiques, qu'il a consacré au sextant, au chronomètre et aux questions accessoires qui s'y rapportent. Les explications très nettes ne laissent véritablement place à aucun aléa; il suffit de les suivre de point en point pour arriver, sans nulle peine, à faire de très bonnes observations. M. Constan s'étend, comme il convient, sur l'usage des horizons artificiels pour les observations à terre, d'un contrôle si précieux. Peut-être eût-il pu se montrer un peu moins sommaire sur le gyroscope collimateur Fleuriais, et faire connaître, par exemple, le très ingénieux dispositif au moyen duquel MM. Ponthus et Therrode sont parvenus à le lancer dans le vide assurant ainsi une bonne demi-heure de fonctionnement propice aux observations? Quant au calcul des corrections des hauteurs et des temps, il n'est pas possible, croyons-nous, de les exposer d'une façon plus précise, l'auteur ayant soin, chemin faisant, de renvoyer aux tables qui permettent d'abréger ces calculs, et notamment aux tables de Friocourt, les plus généralement répandues dans la marine française.

Ces préliminaires étant posés, l'auteur consacre un chapitre à chacun des trois problèmes auxquels se ramène la Navigation:

1° S'orienter et se diriger en mer (Chapitre II);

2° Déterminer la route à suivre (Chapitre III);

3° Faire le point (Chapitre IV).

Le premier problème se résout, comme on sait, par l'emploi du compas fondé sur les propriétés de l'aiguille aimantée. Comme il prend *ab ovo* chacun des sujets auxquels il s'applique afin d'éviter au lecteur d'avoir à se reporter à d'autres traités, l'auteur commence par donner, en une dizaine de pages, un résumé des notions fondamentales relatives au magnétisme terrestre et à l'aiguille aimantée, qui comprend tout ce qui peut intéresser le navigateur. Il aborde ensuite la théorie et la

pratique du compas, précisant avec un soin méticuleux toutes les formules bien simples assurément, mais d'un maniement assez délicat, qui interviennent dans la correction des routes. L'exposé relatif à la détermination de la variation et à la compensation du compas mérite aussi une mention spéciale. Le premier de ces problèmes a pour but, comme on sait, de rapporter les indications du compas au méridien géographique dont l'aiguille est écartée par l'action combinée de la Terre et des fers du navire; le second, de neutraliser dans la mesure du possible cette seconde action en l'affaiblissant autant que faire se peut et surtout en l'uniformisant pour tous les cas. M. Constan, en coupant très heureusement son exposé par des énoncés de forme bien précise, l'a amené à un degré de clarté et de facilité qui ne saurait sans doute pas être dépassé. Tout y est de ce que, pratiquement, le marin a besoin de connaître.

Le second problème, celui de la route à suivre, exige d'abord la connaissance des propriétés de la loxodromie qui, dans la Navigation ordinaire, constitue la trajectoire des navires, coupant tous les méridiens sous un angle constant. L'auteur établit ces propriétés par un procédé élémentaire avant de passer à la théorie des cartes marines, sur lesquelles toutes les loxodromies sont représentées par des droites. La connaissance des marées est utile au navigateur lorsqu'il se trouve en des parages où, à partir du niveau des plus basses mers, les cartes indiquent un brassiage insuffisant. M. Constan a donc fort bien fait de condenser en quelques pages les notions essentielles relatives au phénomène des marées, avec l'indication très nette de la manière de résoudre les problèmes pratiques qui s'y rapportent, au moyen des données fournies par l'ANNUAIRE DES MARÉES. L'auteur décrit enfin le procédé qui consiste, pour réduire la route à parcourir et faute de pouvoir suivre constamment le grand cercle passant par le point de départ et le point d'arrivée, à substituer à la loxodromie unissant ces points une suite d'arcs loxodromiques formant un polygone curviligne inscrit dans le grand cercle; ce procédé a, comme on sait, reçu le nom de navigation *orthodromique*.

Les diverses méthodes pour faire le point occupent le chapitre suivant : c'est en premier lieu le *point estimé* qui, fondé sur la seule considération de la route suivie et du chemin parcouru en tenant compte, autant que faire se peut, de la dérive produite par les courants, suffit aux besoins du cabotage et fournit pour le long cours une première approximation indispensable; puis,

le *point par relèvement* utilisable seulement en vue des côtes ; enfin le *point observé* qui fournit la solution définitive du problème. La méthode ancienne consiste, comme on sait, en des rectifications successives obtenues par l'observation du Soleil ; l'auteur décrit en détail toutes les opérations et tous les calculs qu'elle comporte. La méthode moderne repose sur la détermination de lieux géométriques (cercles de hauteur) fournis à la surface du globe par des observations d'astres quelconques faites à des moments quelconques. Ces cercles de hauteur se transformant sur les cartes marines en courbes transcendantes qui seraient d'un tracé impraticable, on leur substitue leurs tangentes (droites de hauteur) en des points déterminés. Ces droites de hauteur peuvent d'ailleurs être utilisées soit individuellement pour rectifier le point estimé (méthodes de Lalande, de Borda, de Marcq de Saint-Hilaire), soit par leur association pour déterminer complètement le point. Enfin, d'après une remarque d'Yvon Villarceau, on obtient une approximation bien plus grande si, au lieu des tangentes aux courbes de hauteur en leurs points utiles, on construit sur la carte leurs cercles de courbure (1). L'auteur développe en détail les solutions de ces divers problèmes, établissant d'ailleurs entre elles d'utiles comparaisons ; puis, en vue des besoins de la navigation à grande vitesse, il fait connaître la solution proposée par M. Souillagouët pour la détermination rapide du point observé, solution qui repose sur l'emploi des tables de *point auxiliaire* de cet auteur, et que M. Constan juge " la plus simple, la plus pratique et la plus élégante ". Tout en souscrivant aux éloges qu'il décerne à l'excellente méthode de M. Souillagouët, on peut regretter qu'il ait passé sous silence la solution, fort élégante aussi, que MM. Favé et Rollet de l'Isle ont donnée en 1892 dans les ANNALES HYDROGRAPHIQUES, et qui est fondée sur l'emploi d'un abaque construit par ces deux savants ingénieurs avec une remarquable précision.

Le Chapitre V et dernier est consacré à divers objets d'ordre pratique d'un intérêt manifeste pour le navigateur. L'auteur y envisage d'abord les diverses circonstances dans lesquelles peut se trouver le navigateur afin d'indiquer pour chacune d'elles le choix qu'il convient de faire parmi les méthodes générales développées précédemment ; il traite ensuite de divers problèmes de pratique courante et de quelques questions théo-

(1) C'est précisément à propos de cette question qu'intervient le calcul dont nous avons indiqué plus haut une simplification.

riques complémentaires relatives aux erreurs du sextant, à l'emploi des séries de hauteurs, à l'influence des erreurs des données sur le calcul du point observé.

Nous ne pensons pas nous avancer beaucoup en prédisant qu'avant qu'il soit longtemps l'excellent ouvrage de M. Constan sera entre les mains de tous les navigateurs, de ceux au moins de langue française.

M. D'OCAGNE.

IV

DAS ERDSPHÄROÏD UND SEINE ABBILDUNGEN, par Dr EMIL HAENTZSCHEL. Un vol. in-8° de VIII-140 pages. — Leipzig, Teubner, 1903.

Cet ouvrage a pour but de donner un exposé succinct des principaux résultats obtenus dans l'étude des projections cartographiques du géoïde, en tenant compte de l'aplatissement. Il contient deux chapitres et comprend 140 pages de texte.

Le chapitre premier est intitulé : *Ueber das Erdsphäroïd.*

L'auteur commence par calculer les différences entre les latitudes géographiques, les latitudes réduites et les latitudes géocentriques. Il établit ensuite toutes les formules classiques relatives à l'ellipsoïde et à sa représentation sur la sphère.

L'exposé se distingue par une grande clarté. Les calculs y sont développés avec des détails suffisants pour que tous les étudiants puissent les suivre sans la moindre difficulté.

Les considérations théoriques y sont complétées par une série de tableaux numériques à simple entrée permettant de se rendre un compte exact des figures tracées sur l'ellipsoïde, des figures correspondantes sur la sphère et des écarts entre les deux.

Le chapitre II est intitulé : *Die flächentreue und die winkeltreue Abbildung des Erdsphäroids auf einer Kugel. Die Konforme Doppelprojektion des Königlich Preussischen Landesaufnahme. Die Generalstabskarte und des Mestischblatt.*

L'appréciation ci-dessus, relative au premier chapitre, s'applique textuellement au second. Nous trouvons cependant en plus ici plusieurs indications bibliographiques très utiles pour le lecteur qui, ayant étudié le livre élémentaire de l'auteur, voudrait poursuivre ses études cartographiques.

A la fin du § 4, M. le Dr Haentzschel fait remarquer avec raison

qu'on ne peut, sans inconvénient, donner le nom d'*indicatrice* à l'ellipse qui représente géométriquement la déformation des longueurs autour d'un point d'une carte, dans les diverses directions, attendu que ce nom est usité, dans l'étude des surfaces, pour désigner une ellipse relative aux rayons de courbure des sections normales, et il exprime le vœu de voir disparaître le nom d'*indicatrice* de la cartographie.

Nous partageons entièrement cette manière de voir. Dans notre enseignement à Louvain, nous donnons le nom d'*échelle en un point et dans une direction* à la déformation des longueurs dans cette direction, et, comme conséquence, nous remplaçons le nom d'*indicatrice* critiqué par l'auteur par celui de *scalaire*.

En résumé, M. le Dr Haentzschel a ajouté un manuel clair et intéressant à la littérature cartographique.

E. Goedseels.

V

L'Industrie des Cyanures. Étude théorique et industrielle par R. Robine, Ingénieur-chimiste diplômé de l'École de Physique et de Chimie de la ville de Paris et de l'Institut Pasteur, et M. Lenglen, Ingénieur-chimiste, Lauréat du Conservatoire national des arts et métiers, Directeur d'usine. Un vol. in-8° de 463 pages. — Paris, Librairie polytechnique Ch. Béranger, 1903.

Ce volume fait partie de l'Encyclopédie Industrielle fondée par M. M.-C. Lechalas, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite, et disons-le de suite, il enrichit cette importante collection d'un traité excellent, digne à tout point de vue des volumes déjà parus.

Dans la première partie, les auteurs étudient successivement les propriétés physiques et chimiques du cyanogène et de ses nombreux dérivés, les méthodes analytiques concernant ces divers composés et les données thermochimiques. La seconde partie, qui est de loin la plus importante du livre (page 95 jusqu'à la fin), traite des questions industrielles relatives aux cyanures : de l'état actuel de cette industrie, des différents modes de fabrication des cyanures simples et composés, et enfin de leurs applications.

La première partie, exposé relativement complet de la con-

stitution chimique et des propriétés des cyanures, présente un caractère plutôt scientifique qu'industriel. Dans leur ensemble les multiples données qu'on y rencontre sont exactes, à quelques exceptions près. C'est évidemment par distraction que l'on a écrit p. 14 : " Sous la pression ordinaire, le cyanogène est liquéfiable à 20°,7 C. ; sous la pression de 4-5 atmosphères, il se liquéfie à 15° C. ". Quant à l'acide azulmique qui se forme lorsque la solution de cyanogène s'altère, la formule que les auteurs lui donnent $C_4H_4N_4O_2$ a été proposée, en effet, par Pelouze et Richardson, mais elle a été depuis reconnue inexacte. Mais ce sont là des inexactitudes sans importance, sur lesquelles il y aurait mauvaise grâce d'insister.

Un chapitre intéressant est celui dans lequel les auteurs étudient l'état actuel du commerce et de l'industrie des cyanures. Le développement rapide de cette industrie se rattache spécialement à l'emploi du cyanure de potassium dans le traitement des minerais d'or. C'est ainsi que, d'après des renseignements officiels, en 1899 les seules mines de l'Afrique du Sud consommaient par mois 220 000 kilogrammes environ de cyanure de potassium. La guerre sud-africaine a, il est vrai, arrêté toute cette industrie, mais la consommation se relèvera, et on prévoit déjà qu'elle atteindra dans un avenir prochain 10 000 tonnes par an. Un véritable intérêt s'attache aussi aux tableaux donnés dans le même chapitre et qui nous renseignent sur les différents pays et les usines produisant des cyanures. En tête de la liste se trouve l'Allemagne qui, en 1899, produisit 5500 tonnes de cyanures; viennent ensuite l'Angleterre, les États-Unis, la France. Celle-ci ne participa que pour 1/21 à la production totale des cyanures.

La seconde partie, la plus importante, nous l'avons dit, a un caractère trop industriel pour que nous puissions en donner ici une analyse détaillée. Contentons-nous d'indiquer la marche générale que les auteurs y ont suivie. Dans l'étude des cyanures simples, spécialement du cyanure de potassium, nous apprenons d'abord à connaître des procédés non synthétiques, pour passer ensuite aux méthodes basées sur la synthèse. Tout en s'efforçant d'être complets et de n'omettre aucun procédé de quelque importance, MM. Robine et Lenglen insistent surtout sur ceux qui sont susceptibles d'applications industrielles, et ils les décrivent en entrant dans les détails de fabrication. Les procédés non synthétiques sont indirects, basés sur la production du ferrocyanure ou du sulfocyanure de potassium au moyen de

matières animales, et sur la transformation ultérieure de ces cyanures doubles en cyanure de potassium. Plusieurs de ces nombreux procédés sont suivis actuellement dans la pratique ; mentionnons seulement le mode opératoire suivi par la *Deutsche Gold und Silber Scheide-Anstalt* qui fournit un produit connu dans le commerce sous le nom de " cyanure de potassium à 98-100 pour 100 ". Dans ce procédé, on décompose le ferrocyanure par le sodium métallique ; on obtient ainsi un mélange des cyanures de potassium et de sodium. Mais toutes ces méthodes indirectes présentent de sérieux inconvénients que MM. Robine et Lenglen mettent bien en lumière quand ils abordent les méthodes synthétiques.

Les matières organiques azotées, employées pour la fabrication du ferrocyanure et du sulfocyanure, ont une valeur trop élevée pour qu'on puisse y recourir économiquement dans une préparation qui n'utilise que leur carbone et leur azote. En outre, dans les différentes transformations que nécessite leur emploi, les pertes sont tellement élevées que 1/5 ou 1/7 seulement de leur azote est réellement changé en cyanure. D'autres obstacles se rencontrent dans la fabrication indirecte des cyanures qui en font une opération peu économique, complexe et défectueuse. Il était donc tout naturel qu'on cherchât à trouver une voie permettant leur synthèse directe. En effet, le cyanure de potassium, par exemple, se compose de trois éléments : le carbone, l'azote et le potassium ; or deux de ces corps se trouvent abondamment dans la nature : le carbone sous forme de charbon, et l'azote comme élément constitutif de l'air. On conçoit dès lors que des tentatives en vue de réaliser une synthèse des cyanures au moyen de ces éléments aient été faites dès longtemps. Les premières remontent à 1828. Mais malgré des essais innombrables et des efforts persistants, le problème n'est pas encore pratiquement résolu : l'inertie de l'azote constitue un des plus grands obstacles au succès, et même le recours à l'ammoniaque, combinaison d'azote et d'hydrogène, n'a pas fait disparaître cette difficulté. C'est l'histoire des efforts faits dans cet ordre d'idées et le bilan des résultats acquis que MM. Robine et Lenglen nous exposent ensuite. Toute cette partie, non moins que les chapitres suivants traitant des cyanures doubles, est fort intéressante.

Mentionnons aussi le dernier chapitre dans lequel les auteurs étudient les applications des cyanures, spécialement à l'extraction de l'or des sables aurifères. Cette extraction telle qu'elle se pra-

tique notamment dans le Sud de l'Afrique, est fort bien exposée et l'on comprend que les auteurs puissent prédire à ce mode de traitement des sables un brillant avenir. Il présente le grand avantage de permettre une extraction lucrative même lorsque les sables traités sont très pauvres en or, et que les autres modes de travail sont inapplicables.

Résumons notre appréciation. L'*Industrie des cyanures* est un ouvrage qui rendra d'excellents services à tous ceux qui fabriquent ou utilisent les cyanures sous leurs différentes formes, et qui se recommande à tous ceux qui s'intéressent en général à l'industrie chimique. Clarté dans l'exposition, précision, documentation de bon aloi sans surcharge superflue, enfin critique judicieuse d'un bon nombre des méthodes exposées: telles sont les qualités dominantes de l'ouvrage. C'est une importante monographie chimique que tous ceux qui s'occupent de ces questions auront à consulter et à étudier.

H. D. G., S. J.

VI

Dictionnaire de Chimie photographique, à l'usage des professionnels et des amateurs, par G. et Ad. Braun, fils. *Premier et second fascicules.* Grand in-8° de 1-64 et 65-128 pages.—Paris, Gauthier Villars, 1904.

Ce dictionnaire paraîtra en huit fascicules formant un volume de 500 pages. On y trouvera la nomenclature, la description, les usages des substances ayant un rapport avec la science photographique. Chaque article comprend, en général, deux parties : la première rappelle brièvement les notions essentielles sur la préparation et les propriétés du corps dont il s'agit ; la seconde, plus étendue, traite de ses applications en photographie. Les détails théoriques sont laissés dans l'ombre ; c'est au côté pratique des réactions photographiques que l'on s'attache, en même temps que l'on insiste sur tout ce qui touche aux manipulations usuelles et aux procédés les plus employés : obtention des négatifs et des positifs ; photocopie aux sels d'argent, de chrome, de fer, de platine ; procédés photomécaniques ; photographie des couleurs, etc.

J. T.

VII

Encyclopédie scientifique des aide-mémoire. — I. Précis d'Astronomie pratique, par P. Stroobant. Un volume petit in-8° de 188 pages. — II. Les Cables sous-marins, travaux en mer, par A. Gay. Un volume petit in-8° de 192 pages. — III. Essais des Métaux, théorie et pratique, par L. Gages. Un volume petit in-8° de 168 pages. — IV. Essais des Combustibles, par D. Sidersky. Un volume petit in-8° de 185 pages. — Paris, Gauthier-Villars.

I. — Cet ouvrage débute par les notions fondamentales de l'Astronomie : le mouvement diurne de la sphère céleste et les systèmes de coordonnées : viennent ensuite des généralités sur le globe terrestre : notions sur la forme de la Terre, coordonnées géographiques et réfraction atmosphérique. Dans le Chapitre III, l'auteur passe en revue les principaux types d'instruments, indique les formules de réduction et développe les méthodes d'observation et de mesure.

La partie qui traite du Soleil et de son mouvement apparent ainsi que des coordonnées écliptiques et de la parallaxe vient compléter les notions essentielles exposées au commencement du volume. Dans le Chapitre V, consacré au mouvement de la Terre et aux phénomènes qui modifient les coordonnées célestes (précession, nutation, aberration, etc.), se trouvent réunies les principales formules utilisées pour la réduction de la position apparente à la position moyenne ou réciproquement.

Les quatre derniers Chapitres de l'ouvrage renferment ce qui est relatif à la mesure du temps par le Soleil, à la Lune et à son mouvement, et des notions sur les planètes, les comètes et les étoiles.

Cet ouvrage, très bien conçu et clairement écrit, permet au lecteur de se familiariser avec l'esprit des méthodes de la science astronomique, et lui facilitera l'usage des tables et des éphémérides telles que la *Connaissance des Temps*.

II. — Le premier volume sur les câbles sous-marins, que l'auteur a consacré à la *fabrication*, conduisait le lecteur jusqu'à la jetée d'où il voyait le navire de pose prendre le large pour se rendre à son lieu de travail. Dans celui-ci, nous accompagnons le navire. Nous le visitons dans toutes ses parties. Nous étudions les cuves, les machines d'immersion, les machines de relèvement,

les grappins et les bouées. Arrivés au point choisi pour l'atterrissement du câble, nous assistons à l'opération, qui est suivie par la pose en pleine mer.

Enfin, le câble tout entier est étalé au fond de l'Océan, les essais électriques dont il est l'objet donnent lieu à une longue discussion. Après cela, viennent des Chapitres consacrés aux propriétés électriques du câble, aux appareils de transmission et de réception des dépêches, aux défauts et aux méthodes de réparation. L'ouvrage se termine par l'histoire de la création de l'industrie des câbles sous-marins et par une rapide description des réseaux actuels.

Le style de ce petit volume tranche sur le ton habituel de ses congénères. Il ne dédaigne pas les descriptions poétiques, parfois même il fait la roue et pousse des exclamations que doivent trouver étranges les formules algébriques du voisinage.

III. — Ce volume de l'Encyclopédie a pour objet de faire connaître, d'une part, les théories relatives aux déformations des métaux soumis aux efforts usuels et, d'autre part, les détails d'exécution des essais de réception prévus par les cahiers des charges des différents services ou administrations pour apprécier les qualités de ces métaux. Il est divisé en deux Titres :

Titre I. — L'essai de traction étant le mieux connu, il n'y a pas lieu de s'étonner que les considérations théoriques exposées dans cette première partie se rapportent plus spécialement à l'étude des déformations résultant de ce genre d'effort.

Le lecteur verra toutefois, après l'analyse complète du phénomène de traction, quelles déductions il a été permis de tirer au sujet des déformations produites par des efforts différents tels que la compression, la flexion, etc.

Enfin, l'exposé de théories récentes, ayant trait à la distribution des déformations dans les corps solides, fait ressortir l'intérêt de premier ordre qui s'attache à une étude plus générale non spécialisée à l'unique phénomène de la traction et éclaire d'un jour nouveau les notions classiques admises actuellement au sujet de l'élasticité.

Titre II. — L'auteur examine, en un aperçu synthétique et raisonné, les méthodes d'essais mises à contribution pour se rendre compte des différentes qualités de résistance des métaux.

L'étude des essais de réception proprement dits, stipulés par les cahiers des charges, s'applique aux métaux le plus ordinairement employés dans les constructions : fers, fontes, aciers, cuivre, laiton, bronze, etc.

Cette étude est précédée de notions générales concernant les essais d'usines, que ces essais soient exécutés par le consommateur au cours ou à la fin de l'élaboration du métal qu'il veut utiliser.

IV. — L'analyse des combustibles a pris une extension considérable, surtout depuis l'introduction, dans les essais industriels, de la détermination du pouvoir calorifique. Les méthodes analytiques elles-mêmes se sont perfectionnées, et la littérature technique s'est enrichie de nombreux documents intéressants. En même temps on a beaucoup étudié le rôle des cendres formées, leur fusibilité, etc., de sorte que les ingénieurs et les chimistes, chargés souvent de ces études, ne peuvent plus se borner à quelques essais sommaires dont on se contentait autrefois.

C'est pour répondre aux besoins actuels que l'auteur a rédigé ce petit livre très substantiel, exposant successivement la classification des combustibles, les qualités à exiger d'une houille destinée à l'industrie, le mode de prélèvement d'échantillons, l'analyse détaillée des cendres, l'étude de la fusibilité des cendres, l'analyse chimique élémentaire, classique, de Berthelot, l'obus Mahler et les modifications allemandes, le calorimètre américain système Parr, qui est très original, et ceux de Hartley et de Darling, ainsi que les diverses formules proposées pour le calcul indirect du pouvoir calorifique.

Dans l'*Annexe*, l'auteur présente une série de Tableaux numériques donnant la composition chimique et le pouvoir calorifique de tous les combustibles usités et d'un grand nombre de corps organiques, avec indication des auteurs respectifs, ainsi que quelques notes très intéressantes sur le calcul de l'air nécessaire à la combustion, sur les pertes de chaleur et sur le chauffage des chaudières à vapeur.

Rien n'a été négligé par l'auteur pour donner dans son petit livre un résumé de nos connaissances actuelles sur cet important sujet, et la bibliographie détaillée qui termine le volume permettra au chercheur toutes sortes d'investigations. — Naturellement, le cadre restreint d'un aide-mémoire n'a pas permis les grands développements qui ont leur place ailleurs, et dans la description des méthodes et des appareils, l'auteur s'est borné à ceux qui conduisent à des résultats absolument exacts.

De nombreuses notes pratiques sont disséminées dans tous les Chapitres. Le texte est illustré par une quinzaine de gravures.

X.

VIII

Brasserie et Malterie, par P. Petit, professeur à l'Université, directeur de l'École de Brasserie de Nancy. Un volume grand in-8° de VII-359 pages avec 89 figures dans le texte. — Paris, Gauthier-Villars, 1904.

L'École de Brasserie de Nancy et son laboratoire ont été les premiers créés en France. " Depuis dix ans que je les dirige, dit M. P. Petit dans son introduction, j'ai eu l'occasion d'un assez grand nombre d'observations pratiques, d'essais dont beaucoup n'ont pas été publiés ; d'autre part, les cours techniques que je fais m'ont obligé à me former une opinion documentée sur les transformations variées qui s'effectuent en brasserie et en malterie.

„ Beaucoup de mes anciens élèves, et des brasseurs avec lesquels je suis en relations, m'ont engagé à condenser, dans un livre, les observations que j'ai faites, ainsi que mon sentiment sur l'interprétation scientifique des phases de la fabrication, et j'ai pensé que cet ouvrage pourrait peut-être présenter quelque intérêt.

„ J'ai toujours en en vue l'application pratique et n'ai considéré les recherches et les essais que comme un moyen de rendre la fabrication plus rationnelle, plus sûre et plus éclairée : aussi me suis-je contenté pour chaque question d'indiquer la thèse qui me paraît la mieux fondée et la mieux vérifiée par l'expérience industrielle, sans entrer dans la discussion des théories émises. „

La compétence scientifique de l'auteur et sa longue pratique donnent à cet ouvrage nettement personnel une valeur sur laquelle il est inutile d'insister. Les industriels, auxquels il s'adresse avant tout, le liront sans peine, car on en a éliminé toute terminologie scientifique. Ils y trouveront une foule de renseignements utiles et bien des preuves palpables des services mutuels que se rendent la science et la pratique.

Voici un résumé de la table des matières.

Le Chapitre I comprend les diverses notions générales qui seront utilisées ultérieurement, et qui portent soit sur les composants chimiques, soit sur les agents de transformation, soit enfin sur les ferments ; on y a joint quelques définitions d'usage constant.

Le Chapitre II renferme l'étude de l'eau, au point de vue de

ses multiples utilisations, en brasserie et malterie, pour les machines comme pour la fabrication. On y a traité avec quelque détail l'épuration et la correction des eaux.

Dans le Chapitre III on passe en revue les matières premières les plus importantes, orge, maïs, riz, sucres, en mentionnant les bases de l'appréciation de ces substances au point de vue pratique et leur influence sur la qualité ou la conservation de la bière.

Le Chapitre IV, suite de l'étude des matières premières, traite du houblon et des accessoires, tels que colorants, clarifiants, poix, vernis, antiseptiques pour le nettoyage.

Le Chapitre V, *Maltage de l'orge*, est consacré à l'étude des diverses opérations de la malterie, trempe, germination, touraillage, et comprend des tableaux ou des courbes provenant de la pratique industrielle. Ce Chapitre, très étendu, se termine par l'appréciation du malt et le contrôle de fabrication.

Dans le Chapitre VI, *Brassage*, on examine successivement le matériel, les méthodes de brassage et de filtration, le rendement avec les meilleures conditions d'épurement à réaliser, puis les transformations effectuées, enfin on en déduit les conséquences pratiques.

Les Chapitres VII et VIII sont intitulés *Cuisson et houblonnage* et *Oxygénation et refroidissement du moût;* ils comprennent, à côté du matériel, l'étude des transformations produites et la condition pratique de cette étude.

Le Chapitre IX, *Fermentation*, a deux grandes divisions : la fermentation basse et la fermentation haute classe, traitées tout à fait séparément, et l'exposé des conséquences pratiques de la discussion des divers systèmes.

Le Chapitre X comprend la clarification par collage et par filtration, les traitements divers, tels que le soutirage et la pasteurisation.

Dans le Chapitre XI, on étudie les altérations de la bière, leurs causes, et les moyens de les supprimer ; le contrôle de fabrication est la suite naturelle de cette étude.

Enfin le Chapitre XII est consacré aux statistiques et à la valeur hygiénique de la bière.

Le volume se termine par une Note sur l'École de Brasserie de Nancy.

T. H.

IX

Cartes de distribution géographique des principales matières premieres d'origine végétale dressées sur les indications de M. É. Perrot, professeur à l'École supérieure de Pharmacie de Paris, par H. Frouin. — Joanin et Cie, Paris.

Fréquemment nous avons déploré l'absence de telles cartes et nous nous étions proposé, si le temps nous le permettait, de combler un jour cette lacune. Notre confrère M. Perrot a eu la même idée et a été assez heureux pour pouvoir la mettre à exécution. Nous le félicitons d'avoir mené à bonne fin une œuvre des plus utiles pour l'enseignement moyen et supérieur. Mais ce n'est pas seulement aux étudiants que s'adresse un tel travail; il sera également apprécié par les géographes et par tous ceux qui s'occupent de l'étude et de l'emploi des matières premières d'origine végétale.

Dans ce volume nous trouvons les cartes suivantes : Afrique intertropicale au 1/15 000 000e ; région Indo-Sino-Malaise au 1/16 500 000e ; régions tropicales et tempérées de l'Amérique ; région Méditerranéo-Arabo-Caspienne au 1/15 000 000e. M. Perrot a également marqué sur ces cartes les principales lignes de direction des produits vers leurs entrepôts commerciaux.

Çà et là se sont glissées quelques légères inexactitudes que l'auteur rectifiera facilement dans une seconde édition ; nous sommes persuadé qu'elle ne se fera pas attendre.

É. D. W.

X

Travaux du laboratoire de matières médicales de l'École supérieure de Pharmacie de Paris, publiés sous la direction de M. le prof. É. Perrot. 1e année, 1902-1903. — A. Joanin, 24, rue de Condé, Paris.

M. le prof. É. Perrot vient de réunir en un volume les différents travaux exécutés dans son laboratoire pendant l'année scolaire 1902-1903. Ces travaux, dont plusieurs thèses doctorales, ont paru dans d'autres recueils, mais il était intéressant de les

réunir en un tout afin de les mettre plus facilement à la portée d'un grand nombre de lecteurs.

Nous trouvons une très importante étude de M. Goris *Recherches microchimiques sur quelques glucosides et quelques tanins végétaux*. L'auteur examine successivement l'*Esculine*, l'acide esculitannique, la *Fustine*, la *Fraxine*, la *Daphnine*, la *Salicine* et la *Caféine*, et étudie ces divers corps au point de vue chimique et à celui de leur répartition dans les divers organes des végétaux qui contiennent ces principes.

Les résultats de ses recherches amènent l'auteur à discuter les opinions qui ont été émises au sujet du rôle que jouent ces corps. Sont-ce des produits d'excrétion ou des substances de réserve ? Il ne se prononce pas, mais il se propose de continuer ses études afin d'arriver à trancher cette question de grande importance pour la physiologie de la plante.

Le second travail est dû à M. le Dr F. Chauvel ; il est intitulé *Recherches sur la famille des Oxalidacées*. Dans ce mémoire, l'auteur étudie en détail l'histologie d'un grand nombre des espèces de cette famille et les décrit avec soin ; il passe en revue leur constitution chimique et donne un essai de leur groupement systématique ; enfin il examine leurs propriétés, qui se réduisent à fort peu de chose. Citons cependant l'emploi comme succédané de la pomme de terre de certains tubercules d'*Oxalis*. Ces tubercules sont utilisés sous le nom de " Macachin „ dans certaines régions de l'Amérique du Sud.

Un troisième mémoire est consacré par M. le Dr G. Weill à des *Recherches histologiques sur la famille des Hypericacées*. Adoptant à peu près le même plan que celui du travail précédent, M. Weill passe successivement en revue les caractères généraux et l'histologie comparée de la famille. Dans la seconde partie il donne des monographies des genres *Hypericum*, *Ascyrum*, *Cratoxylon*, *Eliœa*, *Vismia*, *Psorospernium*, *Haronga*, *Endodesmia*. Il décrit ensuite sommairement les propriétés des plantes de cette famille, dont certaines espèces du genre *Hypericum* ont été parfois employées comme succédanées du thé et sont même très estimées par les populations pauvres de l'Asie centrale. En Suède les paysans colorent leur alcool en rouge avec les boutons floraux de l'*Hypericum perforatum* ; cette plante peut également être employée pour la teinture de la soie et de la laine, elle donne une belle teinte jaune au drap et est très employée pour cet usage en Hongrie.

La quatrième partie contient des études moins développées

dont voici les titres : É. Perrot et G. Lefèvre, *Le Kinkeliba.* — A. Duval, *Les Jaborandis.* — É. Perrot, *Le Ksopo, poison des Sakalaves.* — É. Perrot. *Le Menabea venenata* Bn., ses caractères et sa position systématique. — É. Perrot et P. Guérin, *Les Didiera de Madagascar.* Historique. Morphologie externe et interne. Développement.

On le voit, le volume est bien documenté : il sera accueilli avec plaisir par toutes les institutions botaniques et par les laboratoires de recherches histologiques et de matières médicales.

É. D. W.

XI

Les Celtes depuis les temps les plus anciens jusqu'en l'an 100 avant notre ère, par H. d'Arbois de Jubainville, membre de l'Institut, professeur au Collège de France. Un vol. in-12 de XII-219 pages. — Paris, Albert Fontemoing, 1904.

Ce livre n'est point, à proprement parler, un ouvrage d'ethnographie, mais l'ethnologue peut y apprendre bien des choses et recueillir des faits nombreux qui y sont consignés, d'utiles conclusions. En faisant connaître le travail de M. d'Arbois de Jubainville, nous nous mettrons avant tout au point de vue ethnologique et nous essaierons de faire ressortir les données qu'il renferme pour l'ethnogénie celtique.

Il faut, chez les Celtes, distinguer deux familles principales, les Gôidels et les Gallo-Brittons. A son tour, chacune de ces deux familles se subdivise en deux autres groupes. Les Gôidels comprennent les Irlandais et les Gaels d'Écosse. Pour les Gallo-Brittons, il y a lieu de séparer les Gaulois ou Celtes continentaux et les Brittons du pays de Galles et de la province de Bretagne en France.

Cette division porte sur la situation actuelle de la race celtique, mais en des temps plus reculés le domaine de cette race était, en Europe, beaucoup plus étendu. Il s'en trouvait au nord en Écosse et dans la Germanie septentrionale, au sud en Portugal et en Italie jusqu'à Sinigaglia ; à l'ouest, les Celtes allaient jusqu'en Irlande et à l'est jusque sur les côtes de la mer Noire, en Galatie.

Toutefois, le domaine n'est point continu. En Portugal, en

Espagne, en Italie et dans le péninsule balkanique, il n'y a que des établissements sporadiques, cantonnements restés peut-être après l'ultérieure migration du gros des tribus, ou avant-postes ayant réussi à s'implanter dans une région où l'invasion n'avait point complètement pénétré.

Quel est le point de départ d'où ont essaimé les diverses colonies celtes qui se répandirent dans une grande partie de l'Europe? En d'autres termes, où s'est formé le premier noyau des populations parlant le celtique? M. d'Arbois de Jubainville fixe ce lieu d'origine en " un très petit pays, situé sur les bords du Rhin, du Main et du Danube, là où se trouvent aujourd'hui la Hesse-Darmstadt, le grand-duché de Bade, le Wurtemberg, la Bavière septentrionale ".

Mais d'où et comment les Celtes sont-ils venus dans l'Allemagne du Nord? La science ne fournit à cet égard aucun renseignement positif; toutefois il y a, dans la langue celtique, une indication qui n'est point à négliger. Dès leur établissement dans les régions germaniques, les Celtes ont perdu le *p* initial et le *p* médial entre deux voyelles. Ainsi au lieu de παρά, *prae* en latin, *faura* en gothique, *vor* en allemand, ils disent *are*, *air*, *ar*. De même ὑπέρ, *super* est devenu *uer*, *for*, *gvor*. Cette usure linguistique tend à faire croire que, par le temps et l'espace, les Celtes étaient profondément séparés du reste des peuples indo-germaniques.

La plus ancienne migration des Celtes fut celle qui, vers 800 avant J.-C., les mena de l'Allemagne dans les Iles Britanniques. Ce fut, M. d'Arbois de Jubainville le pense, l'appât des mines d'étain de la Grande-Bretagne qui tenta les Celtes.

Outre cette première invasion des Celtes dans les Iles Britanniques, il y en eut une seconde, probablement au IIe siècle avant notre ère. Ces Celtes appartenaient au rameau belge.

Nous ne suivrons pas M. d'Arbois de Jubainville dans les leçons spécialement consacrées aux Gôidels de la Grande-Bretagne (quatrième, cinquième, sixième et septième leçon). Le savant professeur s'y occupe surtout de la religion des Celtes, sujet qui n'a qu'un rapport éloigné avec les études ordinaires de cette Revue.

Il faut pourtant signaler, au point de vue ethnographique, la huitième leçon, qui porte le titre suggestif : *Le Pantalon gaulois*. Ce vêtement est inconnu aux Gôidels, c'est-à-dire aux anciens Scots et Irlandais, mais il apparaît, dans l'histoire, comme l'uniforme obligé des Gaulois. Et pourtant eux-mêmes

l'ont emprunté. De la curieuse dissertation de M. d'Arbois de Jubainville sur les braies gauloises, il ressort que les Celtes ont reçu le pantalon de leurs voisins les Germains. Mais ceux-ci en auront pris l'idée chez les Scythes à l'époque où ils étaient cantonnés entre la Vistule et l'Elbe. Les Scythes eux-mêmes doivent le pantalon aux Perses, chez lesquels il est signalé par Hérodote. Je ne sais pas si tous les points de suture sont également solides dans cette trame généalogique du pantalon, et s'il fut bien nécessaire pour les Gaulois de l'aller chercher si loin. La conception assez simple du vêtement en question a pu surgir spontanément en des régions très différentes et très éloignées, sans qu'il faille pour expliquer son apparition recourir forcément à l'emprunt. Quoi qu'il en soit, M. d'Arbois de Jubainville a exposé sa thèse avec beaucoup d'élégance, et ceux mêmes qui ne souscriront pas à ses conclusions, n'ajouteront pas grand'chose aux développements si pleins d'érudition qu'il leur a donnés.

Nous arrivons maintenant à l'établissement des Celtes en Gaule, qu'il faut placer vers l'an 600 avant J.-C. Cette conquête paraît avoir eu comme résultat l'occupation de la partie méridionale de la Hollande actuelle, de la Belgique entière et de près des deux tiers de la France, c'est-à-dire tous les départements situés au nord et à l'ouest. Trois siècles plus tard, une seconde invasion gauloise au delà du Rhin pousse les Celtes d'un côté dans la région de la Seine et de la Marne, et de l'autre dans le bassin du Rhône.

Entre ces deux invasions en Gaule, se place, vers 500 avant notre ère, l'entrée des Gaulois dans la péninsule ibérique. Toutefois là, ils ne parvinrent pas à supplanter les races préexistantes et ils ne furent jamais en Portugal et en Espagne que des colons militaires campés en pays étranger. Tour à tour, les Carthaginois et les Romains recherchent leur alliance contre les Ibères. Ce fait atteste la puissance de la domination gauloise en Espagne, et de fait, le domaine des Celtes s'y étend jusqu'en Andalousie, dans la province de Malaga.

Au commencement du IIIe siècle avant J.-C., un autre essaim de Gaulois, venus de l'est du Rhin, s'établit en Catalogne. Voilà comment les Romains quand ils entreprirent de faire la conquête de l'Espagne, au IIe siècle avant notre ère, trouvèrent partout devant eux des populations gauloises.

Dans la première moitié du Ve siècle avant J.-C., les Gaulois occupent, entre le Danube et les Alpes, les provinces de Rhétie, de Norique et de la Pannonie, c'est-à-dire, pour employer la

nomenclature moderne, la partie méridionale du Wurtemberg et de la Bavière, et, dans l'empire d'Autriche, le Vorarlberg, Salzburg, la haute et la basse Autriche, la Styrie, la Carinthie, la Carniole, le sud-ouest de la Hongrie entre le Danube et la Drave. L'importance de l'invasion celtique en ces régions est attestée non seulement par un grand nombre de noms de lieux habités par des peuples à physionomie nettement celtique, mais aussi par les vocables gaulois d'hommes et de divinités qu'on relève sur les inscriptions romaines. Ainsi s'explique " comment environ trente ans avant la rédaction du *De Bello Gallico* de Jules César, l'historien romain Sempronius Asellio a pu écrire que, dans la Gaule, *in Gallia*, était comprise la ville de *Noreia*, aujourd'hui Neumarkt, située dans la Styrie, c'est-à-dire dans une province de l'empire d'Autriche.

Ainsi s'explique l'assertion, souvent tenue pour invraisemblable, que les Gaulois pénétrèrent en Italie par l'*Alpis Iulia*, c'est-à-dire par le Birnbaumerwald, qui, au nord de Trieste, sépare la Carniole de la province autrichienne de Görz et de Gradisca.

Sur le territoire gaulois, *Celticum*, que nous venons de décrire, régnait Ambicatus. Il eut deux neveux, Bellovesos et Segovesos ; au premier d'entre eux fut dévolue la conquête de l'Italie, provoquée, dit l'histoire, par l'appât des richesses naturelles de cette fertile région. Six peuples gaulois s'implantèrent dans l'Italie septentrionale ; au nord du Pô, les *Insubres*, les *Cenomanni* et les *Sallavii*, cette dernière dénomination de Tite-Live est corrigée par M. d'Arbois de Jubainville en *Salassi* ; au sud du Pô, dans l'Émilie arrivèrent les *Boii*, les *Lingones* et les *Senones*, dont le nom demeure dans celui de la ville actuelle de Sinigaglia, autrefois *Sena gallica*, la patrie de Pie IX.

En même temps que Bellovèse poussait une partie des sujets d'Ambicatus sur l'Italie, son frère Segovèse partait à l'est conquérir la Bohême. De là, les Celtes parvinrent en Moravie, en Slavonie, en Serbie, en Roumanie et jusqu'en Bulgarie, et même, passant la mer, allèrent fonder la plus lointaine des Gaules, la Galatia, au centre de l'Asie Mineure.

Telle fut, aux temps de leur domination en Europe, l'expansion des Celtes, considérable, à la vérité, mais assez peu consistante, semble-t-il. En Espagne et en Italie, les Gaulois disparaissent bientôt sous l'effort de plus en plus pressant de la conquête romaine. Les Germains deviennent les maîtres de l'Europe occidentale et même peu à peu des pays où les langues celtiques

avaient survécu à l'Empire romain. Même en Angleterre, les Saxons supplantent les Celtes, qui aujourd'hui n'ont plus guère de descendants plus ou moins autorisés qu'en Irlande, au pays de Galles et en France dans la Bretagne.

Nous venons de résumer, à larges traits, les vingt leçons du cours fait par M. d'Arbois de Jubainville au Collège de France pendant l'année scolaire 1902-1903. Un mot sur la méthode mise en œuvre par le brillant professeur. C'est surtout à la toponymie que l'auteur s'est adressé pour obtenir des renseignements sur les Celtes d'autrefois. Si ce procédé, en des mains inexpertes, peut éveiller des défiances trop justifiées par de malencontreuses applications, il doit, au cas présent, nous donner confiance. Personne n'ignore, en effet, la haute compétence philologique de M.d'Arbois de Jubainville en fait de connaissance approfondie des langues celtiques. De plus, l'auteur prend soin de contrôler les résultats de la toponymie ; il n'est pas de ceux qui concluent aisément du nom à la chose. Il en donne un exemple que nous citons à dessein, car il rectifie une erreur que l'on voit périodiquement réapparaître. L'appellation des Teutons, *Teutoni*, qui veut dire " les rois ", est un mot gaulois et non germanique. Faudrait-il en inférer, comme certains l'ont fait, que les Teutons étaient des Celtes ? Ce serait, dit fort justement M. d'Arbois de Jubainville, " conclure du nom anglais *The german Empire* que la population de l'empire allemand est anglaise ".

Dans la préface de son livre, M. d'Arbois de Jubainville présente quelques-unes des conclusions générales qui se dégagent de son travail. La principale est que la nation française est bien moins celtique qu'on ne l'a pensé et dit maintes fois, et qu'il y a " probablement en Allemagne plus de sang celtique qu'en France ", et, en revanche, les invasions burgonde, visigothique, franque et normande ont peut-être infusé à la France plus de sang germanique qu'il n'en reste en Allemagne.

On voit ainsi comment, à l'origine, ont pu être unis, par la communauté de race, des peuples entre lesquels, au cours des siècles, les rivalités politiques ont pu creuser un profond abîme.

J. Van den Gheyn, S. J.

REVUE

DES RECUEILS PÉRIODIQUES

ASTRONOMIE

Trois théories principales s'efforcent depuis peu d'années de coordonner dans une seule et même synthèse les nombreux phénomènes, cosmiques ou terrestres, qui sont en relation plus directe avec l'activité solaire : liaison entre la variation undécennale des taches et celle des éléments magnétiques, explication des *orages* magnétiques, structure de la couronne, lumière zodiacale, queues cométaires, aurores boréales. — Ce sont : la *théorie cathodique* (Goldstein et Deslandres), la *théorie hertzienne* (Nordmann) et la *théorie électronique* d'Arrhénius.

Chacune de ces théories possède assurément certaines hypothèses qui lui sont propres, mais elles abondent aussi toutes trois en aperçus communs : les points de contact sont parfois si multipliés que, de l'aveu même de leurs auteurs, il leur arrive de se confondre et de se faire de mutuels emprunts. Nous ne pouvons songer à les présenter ici en détail, moins encore à les comparer l'une avec l'autre. Bornons-nous à esquisser en quelques traits l'idée fondamentale de chacune d'elles.

L'hypothèse cathodique (1) assimile les aigrettes coronales aux rayons cathodiques des gaz raréfiés. Les couches supérieures de la chromosphère solaire sont fortement électrisées et se trouvent à une pression très basse. Si on suppose cette électrisation négative, on retrouve, réunies, les conditions qui amènent l'illumination des tubes de Crookes. Dans cette hypothèse les

(1) Deslandres, Annales du Bureau des Longitudes, t. V et VI.

plages brillantes de la chromosphère émettraient des *jets cathodiques* plus actifs que ceux des régions voisines, rectilignes, et à peu près normaux, qui illumineraient par phosphorescence les poussières cosmiques répandues autour du Soleil. Les formes, au premier abord si singulières, de la couronne et de ses rayons droits ou courbes, s'expliquent très simplement de cette manière. Ce seraient ces mêmes émissions cathodiques rayonnées vers la Terre et dans l'espace qui produiraient les perturbations magnétiques et les autres phénomènes dont la théorie cherche à rendre compte.

Le rayonnement hertzien du Soleil. — M. Ch. Nordmann, astronome à l'Observatoire de Nice, part d'une hypothèse différente. On le sait, la surface de la photosphère et les régions basses de la chromosphère sont le siège de mouvements extrêmement rapides, auprès desquels nos cyclones terrestres les plus violents n'ont que des vitesses dérisoires. Cyclones et dépressions brusques doivent, là-haut tout comme ici, engendrer des décharges électriques. Or les décharges électriques des orages terrestres s'accompagnent régulièrement de la production d'ondes hertziennes : il y a longtemps que MM. Popoff, Tommasina et Fényi les enregistrent à l'aide d'antennes et de radioconducteurs. Il faut donc s'attendre, de la part des orages solaires, à un effet analogue, mais incomparablement plus intense : en d'autres termes, " le Soleil émet un rayonnement hertzien énergique ".

Ce rayonnement, M. Nordmann a cherché à le déceler par voie directe en opérant en station élevée (3100 m. d'altitude) : " une antenne horizontale de 175 mètres de longueur était disposée au glacier des Bossons sur des supports isolants en bois de façon que vers midi les rayons solaires tombassent normalement sur elle. Le choix d'un glacier comme support de l'antenne était d'une grande importance. Le glacier peut en effet être considéré comme un isolant à peu près parfait, et comme tel il est transparent aux ondes hertziennes ; comme d'autre part l'épaisseur du glacier à l'endroit où était placée l'antenne peut être estimée (d'après la profondeur des crevasses qui s'y trouvent) au moins à vingt-cinq mètres, et que les rayons solaires étaient, au moment des expériences (équinoxe d'automne), très inclinés sur la verticale, il en résulte qu'une grave cause d'erreur possible, provenant d'une interférence entre les ondes solaires directes et les ondes solaires réfléchies par le sol conducteur, était complè-

tement éliminée. Une des extrémités de l'antenne aboutissait à un radioconducteur très sensible, en série avec un élément Leclanché et un galvanomètre Deprez-d'Arsonval. Ce radioconducteur était placé dans une cuvette que l'on remplissait de mercure pour effectuer le réglage du radioconducteur ; le mercure formait une enceinte opaque aux ondes hertziennes extérieures, soit directes soit amenées par l'antenne, celle-ci n'étant pas isolée du mercure. Une fois le réglage effectué, on faisait écouler doucement le mercure par un robinet. Dans ces conditions aucune déviation du galvanomètre n'a pu être observée (1). „

Ce résultat négatif s'explique par l'absorption considérable que doivent exercer sur les ondes électromagnétiques les couches supérieures et raréfiées des atmosphères solaire et terrestre : il n'infirme en rien une théorie qui, comme le fait remarquer son auteur, semble s'imposer à l'esprit, n'est en contradiction avec aucun fait connu, tout en coordonnant des phénomènes restés jusqu'ici épars et pas mal obscurs.

Sans passer ici la revue de ces phénomènes et de leurs explications (2), disons cependant que, suivant les idées de M. Nordmann, l'hypothèse hertzienne seule rend compte de la *vitesse avec laquelle les perturbations solaires viennent influencer nos instruments magnétiques*. Cette vitesse de transmission semble bien être celle même de la lumière, car " chaque fois que l'on a observé une perturbation violente et *soudaine* de la surface solaire, perturbation dont le début a été nettement enregistré, cette perturbation a été accompagnée sur toute la terre de perturbations magnétiques également *soudaines* et dont le début a nettement coïncidé *avec la minute* où on a observé le début de la perturbation solaire „.

Tout s'explique alors naturellement si on fait appel au rayonnement hertzien, car l'onde électromagnétique se propage avec la vitesse de l'onde lumineuse.

L'explication au contraire est moins aisée si on recourt aux *particules* de l'hypothèse d'Arrhénius, particules qui, dans les conditions les plus favorables, réclameraient seize heures pour

(1) Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, février et mars 1902 ; Bulletin de la Société belge d'Astronomie, mai 1902.

(2) Voir notamment Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, 3 mars 1902 *(Particularités de la couronne ; Analyse spectrale des comètes)* et Journal de Physique, février 1904 *(Taches solaires et magnétisme : aurores boréales)*.

nous parvenir du Soleil. Quant à l'hypothèse cathodique, non seulement on peut lui objecter que toutes les vitesses cathodiques connues ont été trouvées inférieures à celles de la lumière, mais, objection plus grave, le sens du champ électrique de l'atmosphère solaire semble s'opposer à toute propagation de rayons cathodiques vers l'extérieur (1).

M. Nordmann voit dans le parallèle entre les trois théories mises en demeure d'expliquer cette propriété des *orages magnétiques*, un argument très favorable à sa thèse, peut-être une manière d'*experimentum crucis*. Il fait remarquer toutefois qu'il ne saurait être question, dans son explication, d'une influence *directe* du Soleil sur le magnétisme terrestre, influence dont la possibilité théorique est infirmée par une démonstration désormais célèbre due à Lord Kelvin (2). Ce serait au contraire, grâce à une énergie initiale relativement faible, que le Soleil produirait *par déclanchement*, la mise en jeu de forces qui existent à l'état latent dans notre globe. C'est ainsi que, dans la télégraphie sans fil, l'intensité minime de l'onde excitatrice met en jeu une quantité d'énergie considérable moyennant le phénomène qui a son siège dans le cohéreur.

La théorie électronique d'Arrhénius (3). — M. Svante Arrhénius, professeur de physique à Stockholm et l'un des initiateurs des théories moléculaires récentes, a été amené par ses études sur l'aurore polaire à une troisième conception cosmique, fort en faveur à l'heure qu'il est.

Elle prend appui sur les hypothèses suivantes :

1° La force répulsive émanant du Soleil, force admise par la plupart des astronomes depuis Kepler, n'est autre que la force électromagnétique de Maxwell-Bartoli, étudiée sous le nom de *pression de la lumière*.

2° La surface solaire présente des éruptions de gaz, violentes, très élevées et continues.

3° Les décharges électriques de l'atmosphère solaire ionisent ces gaz : les ions négatifs jaillissent à travers cette atmosphère dans les espaces interplanétaires et deviennent (Wilson) les noyaux d'agrégation des vapeurs condensables. Les particules

(1) Journal de Physique, février 1904.

(2) Proceedings of the Royal Society, t. LII, p. 303.

(3) Svante-August Arrhénius : *Lehrbuch der Kosmischen Physik*. Leipzig, 1903.

ainsi formées obéissent, d'*après leurs dimensions*, soit à l'attraction newtonienne, soit à la répulsion de Maxwell-Bartoli.

Cette pression de la lumière, rappelons-le en passant, a donné lieu à des travaux remarquables, résumés ici-même il y a peu de temps (1). Le lecteur qui voudra bien se reporter à cette étude y verra comment J. C. Maxwell en Angleterre, et M. Bartoli en Italie, guidés par des vues théoriques absolument différentes, ont été conduits à affirmer tous deux l'existence de cette pression ; et comment d'autre part les délicates recherches de M. Lebedew ont permis de confronter les résultats du calcul avec la réponse directe de l'expérience. — Qu'il nous suffise ici, pour l'intelligence de ce qui suit, de signaler la conclusion principale de ces travaux :

" En supposant que le diamètre $2r$ (d'une des particules de densité δ sur lesquelles agit la radiation) soit supérieur à la longueur d'onde de la radiation incidente, la résultante des deux forces (attraction, répulsion de Maxwell) est égale au produit de l'attraction par le facteur :

$$1 - \frac{1}{10\,000\, r\delta}$$

cette résultante sera donc une attraction ou une répulsion d'après les valeurs de r et de δ. „

En somme, l'ionisation des gaz solaires est attribuée par Arrhénius à des décharges électriques. Et comme, d'après les indications spectrales, la haute atmosphère solaire produit des rayons cathodiques (Deslandres), pas n'est besoin d'aller chercher ailleurs la cause ionisante. C'est là un *point de contact* entre les deux théories.

En voici un second :

Dans l'une on se trouve en présence de rayons cathodiques émis par la chromosphère ; dans l'autre on a des ions *rejetés par éruption et repoussés par rayonnement :* " elles admettent donc toutes deux des jets de particules électrisées à peu près normaux à la surface solaire „ (Deslandres).

Les Aurores polaires dans la théorie d'Arrhénius (2). — Comme exemple de la manière dont les théories ci-dessus s'ap-

(1) J. Thirion, S. J., *La Pression de la lumière*, REVUE DES QUESTIONS SCIENTIFIQUES, avril 1902.

(2) S. Arrhénius : *La Cause de l'aurore boréale*, REVUE GÉNÉRALE DES SCIENCES, 30 janvier 1902.

pliquent et, pour les faire mieux saisir, nous résumons en quelques lignes l'interprétation qu'elles donnent des aurores polaires.

L'électricité négative se trouvant entraînée loin du Soleil avec les particules repoussées, les environs immédiats de cet astre resteront entourés d'une atmosphère (couronne) chargée positivement. Les particules, rencontrant dans leurs trajets d'autres corps célestes, tomberont sur eux, les chargeront négativement, puis seront repoussées par ces mêmes corps désormais chargés d'électricité de même nom qu'elles. " De leur côté, les corps célestes n'augmentent pas leur charge jusqu'à l'infini : quand le potentiel négatif de ces corps dépasse une certaine limite, il y a décharge, favorisée par le rayonnement ultra-violet du Soleil. "

Le côté que la Terre présente au Soleil (côté du jour) est donc inondé de particules chargées négativement : diverses raisons portent à croire que ces particules se maintiennent dans des couches très élevées de l'atmosphère (200 kilom. environ). Le rayonnement ultra-violet, en agissant sur ces couches fortement électrisées, les décharge avec production de rayons cathodiques. Et comme, à pareilles altitudes, la raréfaction du milieu est excessive, la *naissance* de ces rayons cathodiques ne s'accompagne pas de phénomènes lumineux appréciables : aussi ces rayons *pénètrent-ils plus loin* sans absorption sensible. Les phénomènes lumineux intenses apparaîtront quand, en descendant, ils atteindront les couches d'air d'une pression de $0^{mm},01$ environ.

Reste à expliquer pourquoi les aurores sont *polaires*, au lieu de se montrer indifférentes à la latitude. L'explication se tire des lois régissant la marche des rayons cathodiques dans un champ magnétique. Ces lois le montrent, les rayons pourront *descendre* dans l'atmosphère d'autant plus librement que la région considérée aura ses lignes de force magnétique *plus inclinées* par rapport à la surface terrestre ; cette inclinaison croît avec la latitude : les hautes latitudes favorisent donc la pénétration des rayons cathodiques jusqu'aux couches atmosphériques présentant la raréfaction optima ; les latitudes équatoriales contrarient cette pénétration, parce que les lignes de force magnétique s'y trouvent tangentes à la surface du globe.

Les observateurs assidus de l'aurore boréale (Rubenson, Angström, Adam Paulsen) ont relevé nombre de détails touchant les particularités de ce phénomène grandiose. Beaucoup cadrent avec l'explication ingénieuse que nous venons de résumer. Telles sont notamment : la *hauteur* des aurores, la nature nettement

cathodique de leur rayonnement (Paulsen), leurs variations, la période undécennale, l'existence autour des pôles magnétiques de deux zones circulaires de fréquence aurorale maxima, etc. On a reproché cependant à cette explication de ne rendre qu'un compte imparfait des périodes *diurne* et *annuelle*. De plus, certains physiciens se montrent assez incrédules touchant le rôle assigné au rayonnement ultra-violet. Il est difficile d'imaginer comment les particules émises par le Soleil et soumises d'une façon continue à ce rayonnement sans cesse renouvelé pendant tout leur trajet " peuvent arriver jusqu'à la Terre en conservant leur charge négative. M. Arrhénius admet lui-même qu'arrivées au voisinage de la Terre, ces particules se déchargent sous l'influence du rayonnement solaire ; mais si l'on réfléchit qu'au moment de leur départ de la surface solaire ces particules sont soumises à un rayonnement au moins 45 000 fois plus intense, il paraît difficile de supposer qu'elles soient encore chargées en arrivant à la Terre „ (1).

Les Aurores polaires dans la théorie cathodique. — Assouplie par M. Kr. Birkeland aux multiples exigences du phénomène des aurores, la théorie cathodique a conduit à une explication qui, de l'aveu même des opposants, est " incontestablement plus satisfaisante que toutes celles qui ont été proposées auparavant „.

Dans une première étude, insérée aux ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES de Genève, en 1896, M. Birkeland avait suggéré l'idée que les aurores pourraient bien n'être que " le trajet lumineux, dans notre atmosphère, des rayons cathodiques émanés du Soleil „. Depuis, il a abandonné cette manière de voir comme peu conforme aux données de l'expérience. En effet, les *rayons* de l'aurore ont ce triple caractère d'être : 1° nettement cathodiques (2) ; 2° remarquablement rectilignes ; 3° orientés dans le sens de l'aiguille d'inclinaison. D'autre part, un rayon cathodique (1er caractère), ne se propage en ligne droite (2e carac-

(1) Voir dans le BULLETIN DES SCIENCES DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE (Année 1903, 3e fascicule) le mémoire de M. Ch. Nordmann, *Le rayonnement hertzien du Soleil et les Aurores Boréales*. — Nous avons fait plusieurs emprunts à cette belle et intéressante étude.

(2) Outre la raie verte principale (raie du crypton), la plupart des raies du spectre de l'aurore sont en coïncidence parfaite avec celles de la lumière bleuâtre qui entoure la cathode d'un tube de Geissler contenant de l'air (Paulsen, Scheiner, Ramsay).

tère), suivant les lignes de force d'un champ magnétique (3e caractère) que *s'il a pris naissance dans ce champ* — conclusion qui ressort d'expériences faites indépendamment par M. Birkeland et M. Broca. Donc, dans le cas de l'aurore, les deux derniers ne se trouvent être compatibles avec le premier qu'en tant qu'on suppose les rayons cathodiques produits dans le champ magnétique terrestre lui-même.

De là l'hypothèse sous sa forme actuelle : le rayonnement cathodique du Soleil en agissant sur la Terre engendre dans la haute atmosphère des courants électriques. A leur tour ces courants font naître les rayons cathodiques secondaires se manifestant sous forme d'aurores.

Pour rendre plus acceptable l'hypothèse de rayons cathodiques solaires produisant des courants et *par eux* d'autres rayons cathodiques, M. Birkeland a imaginé une expérience intéressante : un électro-aimant sphérique (figurant la Terre) enduit de cyanure double de platine et de baryum, est placé dans un tube à gaz raréfié et s'y trouve exposé au rayonnement normal de la cathode. La production de rayons cathodiques *secondaires* au voisinage immédiat de l'aimant sphérique est accusée par la phosphorescence du cyanure. M. Birkeland regarde ces rayons comme produits par les anneaux lumineux qu'on voit apparaître près de la surface de la sphère : les anneaux eux-mêmes seraient, d'après lui, des courants engendrés par le rayonnement de la cathode. — L'expérience est plus ingénieuse que démonstrative. Des interprétations différentes restent possibles : dès lors l'appui qu'y peut trouver la théorie est un peu branlant.

C'est là une critique purement négative. Une objection plus sérieuse naît de la relation qui semblerait devoir lier l'apparition des aurores aux perturbations magnétiques. En effet, si une aurore boréale se manifeste chaque fois qu'un courant électrique se produit dans les couches supérieures de l'atmosphère, *chaque* aurore paraît devoir s'accompagner d'une perturbation de l'aiguille aimantée, perturbation due à ce courant, et d'autant plus grande que l'aurore est plus brillante. Or, il est prouvé aujourd'hui (Weyprecht, Parry, Kan, Bessels, M' Clintock, Paulsen) que tel n'est pas le cas. Quoi qu'on en ait dit, l'aiguille n'est influencée par l'aurore que rarement. Seules, les aurores *faibles et à mouvements rapides* coïncident avec des perturbations.

Les Aurores polaires dans la théorie hertzienne. — Il semble se dégager de là cette conclusion que les courants élec-

triques auxquels on attribue les perturbations magnétiques, au lieu d'être la cause des aurores, sont simplement des phénomènes concomitants.

Mais existe-t-il, à part le courant électrique, une cause capable de produire des rayons cathodiques dans les gaz raréfiés? Cette cause existe. Les *ondes hertziennes* ont la propriété d'illuminer les gaz raréfiés, et cela avec production abondante de rayons cathodiques (Ebert et Wiedemann); de plus (Nordmann) quand les portions atmosphériques, rendues conductrices par ces ondes, sont *en mouvement* par rapport au champ magnétique de la Terre, il doit, *en vertu de l'induction par le champ terrestre,* s'y manifester des courants électriques.

Cette dernière explication est une victoire pour la théorie qui a recours aux ondes hertziennes rayonnées par le Soleil : elle passe là où la théorie cathodique s'arrête impuissante. Et sa supériorité s'accuse plus nettement encore dans l'interprétation, toujours épineuse, des périodes *diurne, annuelle* et *undécennale.* Il y a longtemps que l'explication satisfaisante et complète des différentes périodicités est regardée comme la pierre de touche des théories aurorales.

La théorie d'Arrhénius et les comètes. — La discussion des théories d'Arrhénius a donné un nouvel élan à l'étude des comètes. Rien d'étonnant : leurs queues et leurs aigrettes présentent des phénomènes frappants qui attirent naturellement l'attention, et cela dans des conditions d'observation plus abordables souvent que celles de la mystérieuse couronne du Soleil.

Ces phénomènes sont parmi les premiers qu'on se soit efforcé de faire rentrer dans le cadre des hypothèses en faveur. Faye les a synthétisés dans un *tableau d'ensemble* qu'il peut être utile de remettre un instant sous les yeux du lecteur :

" Lorsqu'un astronome découvre une comète encore très éloignée, visible seulement à l'aide d'une lunette, elle apparaît comme une tache encore nébuleuse, ronde, très faiblement éclairée. Plus tard le noyau devient visible comme une petite étoile au centre de cette nébuleuse. Puis celle-ci s'allonge dans la direction du rayon vecteur et dans le sens opposé. Bientôt les couches fermées de l'atmosphère de la comète s'entr'ouvrent et l'astre commence à fuser avec une lenteur extrême vers le Soleil, avec une rapidité excessive dans la région opposée. La queue prend des dimensions considérables à mesure que la comète se rapproche du Soleil : elle devient souvent énorme après le pas-

sage au périhélie. Pendant ce temps une lunette un peu puissante fait reconnaître dans la tête de la comète le travail qui s'y accomplit : 1° des matériaux en sont détachés, et l'on reconnaît aisément, du côté du Soleil, qu'ils sortent comme d'une fusée avec une vitesse très faible en formant une sorte de calice épanoui, à parois lumineuses mais transparentes ; 2° ces matériaux en se répandant dans l'espace se raréfient ; bientôt ils sont chassés par le Soleil, rebroussent chemin, et vont en arrière former la queue concurremment avec les matériaux issus du côté opposé. Enfin, tous ces phénomènes s'affaiblissent, à mesure que la comète s'éloigne du Soleil ; sur la seconde branche de sa trajectoire, ils finissent par disparaître. La comète reprend alors l'aspect qu'elle avait au début ; mais, chemin faisant, elle a perdu une certaine quantité de matériaux. Les uns solides, denses, mais trop petits pour être vus, se disséminent le long de l'orbite ; les autres se transforment en nébulosités impalpables et sont chassés hors de l'orbite par l'action du Soleil... „

Appliquées à cet ensemble de phénomènes, les suppositions d'Arrhénius, ci-dessus énumérées, conduisent aux conclusions suivantes (1) :

Le *noyau* cométaire absorbe les rayons solaires jusqu'au moment où, l'échauffement provoquant l'évaporation, les particules sont diffusées à l'état gazeux dans l'espace environnant. Elles s'y refroidissent, atteignent leur température de liquéfaction, et se réunissent (Wilson) autour des ions négatifs. Parmi les particules liquides ainsi engendrées, les plus grosses sont attirées vers le Soleil et constituent, suivant la comparaison de Faye, " la fusée lente „ que la comète lance vers le Soleil. Pour les plus ténues au contraire, *entre certaines limites*, la pression de Maxwell-Bartoli l'emportant sur l'attraction newtonienne, elles sont chassées en arrière et forment la queue. Ces *limites*, remarquons-le en passant, sont assez étroites. D'après les calculs de Schwarzschild, pour une densité voisine de celle de l'eau, les seules particules sur lesquelles l'influence répulsive arriverait à être prédominante, seraient celles où on aurait

$$\frac{\lambda}{8} < 2r < \frac{5\lambda}{2},$$

(1) Arrhénius : *Lehrbuch*, etc. — Moreux : *La Comète Perrine et la théorie récente des gaz raréfiés*. Cosmos, 24 mai 1902. — Schwarzschild : Sitzungsberichte der K. Akad. der Wissensch. zu München, 1901 (3e fasc.).

r étant le rayon de la sphérule, λ la longueur d'onde de la radiation incidente (1).

La théorie cométaire d'Arrhénius soulève, il faut l'avouer, de nombreuses et fortes objections. A titre d'exemple, nous en extrayons quelques-unes d'un énergique réquisitoire dû au Dr J. Halm de l'Observatoire royal d'Édimbourg (2).

Cette théorie explique facilement la lumière solaire réfléchie par la comète. Mais interprète-t-elle de façon aussi satisfaisante les raies brillantes (sodium, hydrocarbures) qu'ont souvent présentées au spectroscope les parties les plus brillantes, parfois même les parties extrêmes des queues cométaires ? Ces raies dénotent à n'en pas douter la présence d'un gaz ou d'une vapeur : or les travaux de Schwarzschild établissent que, si la pression de la lumière est capable d'une certaine action sur des particules solides ou liquides (gouttelettes de condensation), elle est trop faible pour agir de même sur un milieu à l'état gazeux.

L'évaporation qui se produit à la surface du noyau est attribuée dans la théorie d'Arrhénius à la chaleur *extrêmement intense* que la comète subit à son approche du Soleil. Pareille chaleur intense existe-t-elle ? cette chaleur, dont nous n'avons pas le soupçon, aurait été éprouvée entre autres pour la magnifique comète de 1811, et cependant jamais elle ne s'est approchée du Soleil plus près que nous n'en sommes nous-mêmes ; portera-t-on ces divergences en compte à la seule absorption de notre atmosphère ? Et cette chaleur est-elle conciliable avec les renseignements fournis par le spectroscope qui nous présente la lumière cométaire revêtue des caractères qu'elle aurait si elle était due à des décharges électriques dans un milieu à *basse* température.

Par quelle étrange merveille les gouttelettes repoussées par le rayonnement gardent-elles l'état liquide au lieu de se volatiliser sur leur énorme parcours de plusieurs millions de lieues ? Leur tendance naturelle est pourtant de reprendre l'état gazeux, et nulle vapeur n'est là qui par sa tension puisse y mettre obstacle...

Et puis, que deviennent dans l'hypothèse d'Arrhénius les résultats acquis par les travaux de Brédikhine ? Où trouver un motif quelconque de cette répartition des queues en quelques types

(1) S. Vernon Boys : *Les Corps radio-actifs et la Queue des comètes*, discours prononcé à l'Association Britannique pour l'Avancement des Sciences. Revue Scientifique, 10 octobre 1903.

(2) Nature (de Londres), vol. LXVI, p. 54.

nettement caractérisés et réductibles, tous, à trois ou quatre valeurs particulières de la force répulsive ? Pourquoi cette sélection de quelques valeurs tranchées, alors que l'hypothèse corpusculaire, elle, par la nature même des conditions qu'elle impose aux diamètres des sphérules, semble autoriser, absolument au même titre, une infinité de valeurs intermédiaires ?

A ces critiques relatives à l'application de la théorie d'Arrhénius *aux comètes*, le Dr Halm en ajoute une autre de portée plus générale : quel besoin y a-t-il de recourir à la pression de Maxwell-Bartoli ? Les électrons ont des vitesses énormes, égales peut-être au tiers de la vitesse de la lumière : que si la puissance dissociative des phénomènes solaires est réellement capable d'arracher l'électron à son atome, pourquoi celui-ci ne serait-il pas lancé *dans l'espace* en vertu de sa seule énergie cinétique ? Un corps qui quitterait les couches élevées de l'atmosphère du Soleil à raison de six cents kilomètres par seconde, n'y retomberait plus : l'électron, dont la vitesse est centuple de celle-là, se trouvera *à fortiori* dans les mêmes conditions. Et voilà du même coup la pression de radiation devenue inutile, et l'ensemble des suppositions d'Arrhénius ramené à un certain degré de parenté avec les vues d'Olbers et de Zöllner.

Nous nous bornerons à ces quelques indications *pour* et *contre* la théorie électronique. Les objections que nous venons de résumer sont de portée inégale : toutefois, envisagées dans un coup d'œil général, elles ont cet avantage de faire mieux comprendre l'hypothèse qu'elles attaquent, et de donner une idée plus adéquate de sa valeur actuelle. C'est à cette fin qu'elles ont été mentionnées.

Études physiques sur les comètes. — MM. Nicholls et Hull ont reproduit récemment le phénomène des queues cométaires dans des conditions assez voisines de celles de la nature. Sans voir dans cette expérience ce qu'on a appelé il y a quelques mois, avec une pointe d'humour, " un exploit absolument nouveau : la fabrication d'une comète (1) „, il est pourtant intéressant de rapprocher cette tentative des vues théoriques ci-dessus.

Une poudre consistant en un mélange d'émeri et de pollen de fleurs fut placée dans un tube ayant à peu près la forme d'un sablier. Le vide fut fait aussi exactement que possible et on prit des précautions pour se débarrasser de la vapeur de mercure

(1) S. Vernon Boys, *loc. cit.*

pouvant provenir des appareils d'exhaustion. En versant la poudre d'une partie du tube dans l'autre et en y concentrant en même temps les rayons d'un arc puissant, les parties les plus légères de la poudre semblaient soufflées dehors comme si la lumière les repoussait, et leur apparence était celle d'une queue cométaire. L'effet était tel qu'on pouvait l'attendre des valeurs données par les auteurs (1).

Ce n'est là, toutefois, qu'une expérience de laboratoire. MM. Nicholls et Hull considèrent comme possible que les apparences observées soient dues, *partiellement*, à des causes autres que la pression de radiation.

L'action répulsive du Soleil a pu, dans ces derniers temps, être étudiée directement sur les comètes elles-mêmes, d'abord parce que le spectroscope est venu nous fournir une " vérification expérimentale de cette répulsion „ (Deslandres), ensuite parce qu'un singulier phénomène éprouvé par la comète Borelly (1903 *c*) a pu être enregistré photographiquement dans des conditions assez bonnes pour permettre quelques mesures.

Durant la nuit du 24 au 25 juillet dernier, cette intéressante comète a présenté les apparences suivantes : à peu de distance du noyau, la queue principale était comme brisée en deux : la brisure était nette et l'un des deux tronçons se trouvait rejeté sensiblement vers l'est. Le 25, tout était rentré dans l'ordre, la queue avait repris sa direction normale ; mais, dans l'intervalle, des photographies avaient été obtenues, en France par M. Quénisset, à l'Observatoire Yerkes par MM. Barnard et Wallace. La première de ces épreuves, prise à $11^h 30^m$ T. M. G., montre la brisure à $1^o 36'$ du noyau ; sur les épreuves américaines, prises respectivement à $16^h 15^m$ et à $19^h 14^m$ T. M. G., on la trouve à des distances de $2^o 14'$ et $2^o 48'$. La vitesse de la partie détachée de la comète aurait donc été de $10',4$ par heure, en moyenne. — M. Barnard (2) assigne à cette modification passagère une durée de cinq heures et la regarde comme ayant commencé le 24, à $2^h 30$ T. M. G.

On pourrait l'expliquer par un changement subit dans la *direction d'émission* des particules, la portion détachée, au delà de la brisure, n'étant que l'ancienne queue qui se serait dissipée

(1) Ciel et Terre, octobre 1903.

(2) Barnard, Astrophysical Journal, octobre 1903 : — Bulletin de la Société belge d'Astronomie, janvier 1904.

peu à peu dans l'espace. Une brisure analogue s'obtiendrait dans un jet de vapeur en inclinant brusquement le tuyau d'où il s'échappe, puis en le ramenant à sa position primitive. L'ancien jet continuerait à se mouvoir dans la première direction avant de se dissiper; le nouveau jet s'élancerait à la suite du premier et en resterait séparé par un intervalle. La vitesse de cet intervalle rendrait en quelque sorte apparente la vitesse même des particules formant le jet de vapeur. — Une autre explication du fractionnement de la comète Borelly suppose la rencontre de la queue avec un essaim de météorites.

Quoi qu'il en soit, la vitesse répulsive moyenne des particules a été trouvée, dans le cas qui nous occupe, de treize kilomètres par seconde. Dans ce calcul on a tenu compte des éléments de l'orbite et de la vitesse propre de la comète. De plus, la vitesse particulaire obtenue en combinant entre elles les observations postérieures (Barnard et Wallace) l'emporte sur la vitesse fournie par la combinaison des observations antérieures (clichés Quénisset et Barnard). Elle a donc été s'accélérant, et l'accélération est facile à expliquer. Au moment de leur émission par la comète les particules se mouvaient avec elle vers le Soleil, à raison de quarante kilomètres par seconde. Détachées, soumises à l'action répulsive, leur vitesse a dû diminuer, s'annuler, changer de signe, et aller ensuite en augmentant.

Une autre vérification de la force répulsive du Soleil, vérification à laquelle nous faisions allusion plus haut, vient d'être obtenue par l'application aux comètes du principe Döppler-Fizeau. La méthode employée était celle de l'*inclinaison*. Le spectre de la comète Borelly a été photographié entre deux spectres terrestres de comparaison, la raie principalement étudiée étant λ 388, qui est caractéristique du cyanogène. Les différents points de la comète se sont montrés animés, par rapport à la Terre, de vitesses radiales différentes. Dans le cas de planètes, ces différences seraient dues à la rotation : dans le cas de la comète, elles ont été rapportées à la force répulsive qui chasse les particules avec une vitesse rapidement croissante. La fente du spectrographe, dirigée dans le sens de l'allongement de la queue, parallèlement au noyau, contenait ce noyau lui-même et une partie de la chevelure cométaire dans la direction opposée à celle du Soleil. Or à la date de l'expérience (7 août 1903) la position de la comète par rapport au Soleil et à la Terre, était telle que la force répulsive devait rapprocher de la Terre les

particules de cette partie de la chevelure. Le sens de l'inclinaison des raies était en accord complet avec cette déduction. L'inclinaison observée peut donc être regardée à juste titre comme une *vérification expérimentale* de la répulsion solaire.

Ce n'est là qu'un début. S'il faut en croire les expérimentateurs, la méthode Döppler-Fizeau appliquée aux comètes permettra dans un avenir prochain de déceler, outre le mouvement dû à la force répulsive, la *rotation* que l'astre éprouve probablement autour de la droite qui le joint au Soleil. Cette dernière investigation suppose la fente, non plus parallèle, mais normale à la queue. L'obstacle principal à ces recherches, l'éclat assez faible des comètes, exigerait toutefois des appareils spectraux très lumineux, peut-être aussi des stations astrophysiques de grande altitude (1).

La *transparence* des queues cométaires, elle aussi, vient d'être l'objet de mesures spéciales. C'est surtout la comète 1902 *b* qui a été étudiée à cet égard, son déplacement rapide facilitant grandement ce genre d'observations. Un photomètre polarisant fixé sur l'équatorial de 15 pouces de Harvard College, a permis au professeur O. C. Wendell de faire des séries d'observations comparatives sur deux étoiles d'éclat connu, l'une de ces étoiles se trouvant à un moment donné recouverte par la comète. Il résulte de ces séries que les différences d'éclat sont de l'ordre des erreurs d'observation, et que l'absorption, *si elle existe,* dépasse à peine quelques centièmes de la " grandeur normale " des étoiles observées.

En terminant cette revue rapide des études cométaires, il nous reste à signaler une disparition bien imprévue. La comète de Faye, la plus fidèle et la plus régulière de nos comètes périodiques, attendue pour 1903, vient de nous faire faux bond pour la première fois. Peut-être comme on l'a remarqué, porte-t-elle, avec toute l'Astronomie, le deuil de son illustre inventeur. Toujours est-il qu'après sept ou huit retours parfaitement espacés de 1851 à 1895, on l'a vainement cherchée cette année. A la rigueur, la soi-disant disparition pourrait n'être qu'apparente : la comète dans cette hypothèse, nous serait revenue avec une certaine avance due aux perturbations exercées sur elle par Jupiter. Son passage au périhélie, avancé de quatre mois et demi (Stromgen),

(1) Deslandres, Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, 17 août 1903.

aurait eu lieu le 3 juin, date où les conditions de visibilité étaient peu favorables. En somme, elle aurait passé inaperçue.

L'essaim des Léonides depuis 1899. — Comme pour consoler les astronomes de leurs vaines recherches touchant la comète de Faye, l'essaim des Léonides, lui, a définitivement prouvé qu'il n'a pas faussé compagnie à la Terre. On l'avait cependant craint un instant à la suite de l'absence presque totale des filantes les 15-16 novembre 1899, date qui, d'après la périodicité admise, devait nous ramener une pluie météorique comparable à celles de 1799, de 1833, et de 1866.

Bien des hypothèses se firent jour alors. Était-ce l'orbite que les perturbations des grosses planètes avaient modifié notablement durant le cycle 1866-1899 ? Abstraction faite d'un changement assez profond pour nous soustraire *absolument* cette orbite, y avait-il eu altération de vitesse portant sur la partie dense de l'essaim, laquelle (comme en 1602) nous reviendrait avec un léger retard ? Y avait-il eu peut-être, dans ces dernières années, tendance plus marquée à la répartition uniforme des astéroïdes le long de leur orbite ? Autant de questions auxquelles seuls des éléments ultérieurs pourraient permettre de donner réponse.

La réponse commence à se dégager des observations. La première hypothèse est désormais condamnée, du moins si on l'entend d'une déviation considérable imprimée à la trajectoire des Léonides : l'orbite n'est pas rejetée hors des sentiers battus de la Terre. De plus, les constatations faites l'an dernier écartent la supposition d'un progrès notable vers la répartition uniforme. Voici du reste, au point de vue de la pluie météorique de novembre, le bilan des années qui viennent de s'écouler :

En 1900, même pénurie qu'en 1899. — Il y eut du mieux en 1901 : l'Amérique surtout fut privilégiée. — Il y eut recul sensible en 1902 : quelques astronomes en conclurent à tort que le maximum, bien affaibli, devait avoir eu lieu en 1901. — Le 16 novembre 1903, recrudescence forte et inattendue. Si ce ne fut pas l'abondance de 1799, de 1833, de 1866, ce fut du moins " le plus beau spectacle météorique que l'Europe ait vu depuis 1885 ". — Comme toujours, les Léonides se sont montrées extrêmement brillantes ; cependant leur couleur, habituellement bleuâtre, tirait sur le vert, et leurs vitesses paraissaient un peu inférieures à ce qu'elles sont généralement. M. W. Denning (1)

(1) Voir W. Denning, NATURE, de Londres, 12 et 19 novembre 1903.

assigne pour coordonnées au radiant principal de 1903, les valeurs :

$$\mathcal{A} = 151^\circ \qquad D = +22^\circ.$$

En résumé, l'altération subie par l'essaim doit être attribuée aux perturbations causées par les planètes ; cette altération est beaucoup moins profonde qu'on ne l'avait cru d'abord ; la *modification* apportée à la périodicité du maximum n'est pas encore connue.

Vues nouvelles sur la formation des nébuleuses. — M. S. Arrhénius a esquissé une extension de son hypothèse électronique aux nébuleuses. En réfutant certaines idées émises par le distingué professeur de Stockholm, M. Deslandres a été amené à exposer, sous forme de vues personnelles, une théorie cathodique de la formation des nébuleuses. Voici les traits caractéristiques de cette théorie, joints aux faits qui lui servent de base.

La *forme spirale* des nébuleuses, reconnue depuis longtemps et popularisée par les dessins de Lord Ross, a été, en général, saisie jusqu'ici d'une manière incomplète. Il a fallu que les belles photographies de Roberts et les clichés de petites nébuleuses pris avec les puissants instruments de Lick, de Yerkes et de Meudon, vinssent montrer que tout ce tourbillonnement qu'elles présentent à première vue, se réduit presqu'uniquement " à deux spires diamétralement opposées ou symétriques par rapport au noyau, chaque spire étant parfois double ou multiple exactement comme les queues doubles ou multiples des comètes „ (1).

D'autre part, l'observation du Soleil montre que toute grande protuberance y est accompagnée d'une autre grande protubérance diamétralement opposée. La nébuleuse n'est donc pas sans présenter de grandes analogies avec le système formé par le Soleil et les deux *rayons coronaux* correspondant à des protubérances opposées. Supposons à la cause (inconnue d'ailleurs) qui crée les protubérances solaires opposées une activité beaucoup plus grande, qu'arrivera-t-il ? Elle donnera naissance " à deux énormes jets cathodiques qui, une fois formés avec une masse appréciable, persisteront pendant un temps très long, grâce au phénomène permanent de marée provoqué dans l'astre central „.

(1) Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris, mai-juillet, 1902.

Voilà pour l'origine des jets. Leur courbure s'explique en supposant au noyau un état magnétique semblable à celui de la Terre : l'explication ne diffère pas de celle qu'on admet pour les rayons coronaux du Soleil.

En résumé, la théorie nouvelle *étend* aux nébuleuses les principes par lesquels l'hypothèse cathodique rend compte des apparences que présente la couronne solaire.

Recherches récentes sur l'éclat du Soleil et des étoiles. — On sait combien il est difficile de comparer entre elles deux lumières de teintes très dissemblables. Pour se prêter à des mesures photométriques de quelque précision, il faut que les sources lumineuses produisent sur l'œil des *sensations colorées identiques*.

M. Ch. Fabry résout le problème de la photométrie hétérochrome par l'emploi d'un étalon secondaire de même teinte que la lumière à mesurer. L'étalon secondaire est comparé une fois pour toutes à l'étalon principal unique. Il obtient cette lumière *de même teinte* que la lumière à mesurer par l'interposition de deux cuves contenant l'une une solution de sulfate de cuivre, l'autre une solution iodée. La première affaiblit l'extrémité rouge du spectre, la seconde l'extrémité violette. En faisant passer la lumière d'une lampe donnée à travers des épaisseurs déterminées de ces deux liquides, on peut, l'expérience le prouve, " reproduire toutes les teintes de lumières utilisées, y compris la lumière solaire et celle de l'arc au mercure dans le vide " ; il y a toutefois à tenir compte, pour l'évaluation photométrique, de l'absorption produite par les solutions isochromisantes.

La *méthode* employée rappelle celle de la double pesée. Cette comparaison suffit à la caractériser et, du même coup, fait voir qu'elle élimine toute erreur systématique imputable à un défaut de symétrie dans la construction du photomètre.

Les premières mesures, effectuées à la Faculté des Sciences de Marseille ont porté sur le Soleil, par ciel découvert, et la distance zénithale étant inférieure à 25° Elles ont montré que l'éclat de notre luminaire central, à sa moyenne distance, représente sensiblement cent mille fois celui d'une bougie décimale placée à un mètre.

Dans ces mesures, l'erreur accidentelle n'a guère dépassé un centième. Il semble donc, vu leur concordance, qu'on puisse compter sur la méthode pour aborder deux autres problèmes d'un certain intérêt : celui des variations de transparence de

l'atmosphère, et celui des *variations* d'éclat du Soleil. Mieux que par les mesures calorimétriques, on étudiera ainsi dans ses fluctuations cette grandeur étrange qu'une singulière antiphrase a fait dénommer jadis la " constante solaire ".

Dans une seconde série de mesures (1), M. Fabry a abordé l'étude des étoiles. Les astronomes, on le sait, attachent à l'expression " grandeur d'une étoile " un sens assez conventionnel qui n'est d'ailleurs qu'une conséquence pratique de la formule de Pogson. On la définit par cet énoncé : " On dit que les *grandeurs* de deux astres diffèrent d'une unité, quand le rapport de leurs intensités lumineuses est 2,5 ".

L'éclat de Véga dans une position voisine du zénith a été trouvé par le photomètre isochromisant égal à celui d'une bougie décimale à 780^m, c'est-à-dire égal à $1,7 \times 10^{-3}$ unités photométriques. Et si on regarde, avec beaucoup d'astronomes, cette brillante étoile comme étant de grandeur 0,2, un calcul facile permettra de déduire de là l'éclat E, en *unités photométriques*, d'une étoile de grandeur g.

La formule qui relie ainsi la notation des astronomes à celle employée par les physiciens est :

$$g = -14,2 - 2,5 \log E.$$

Le résultat $E_s = 100\,000$, trouvé ci-dessus pour l'éclat solaire, conduit à regarder notre Soleil comme " une étoile de grandeur — 26,7 ". C'est approximativement le chiffre déjà indiqué par Zöllner.

Inexactitude de quelques lois relatives aux taches solaires (2). — Les recherches commencées par Schwabe et Sabine (1852) ont montré que la variation du magnétisme terrestre et la variation undécennale des taches solaires sont parallèles. Néanmoins on ignore encore, à l'heure qu'il est, quelle loi lie l'apparition d'un groupe déterminé de taches à la perturbation magnétique correspondante, loi dont dépend la prédiction des perturbations magnétiques soudaines (3).

En 1887, Marchand proposa la loi suivante : " La perturbation magnétique coïncide sensiblement avec le passage d'un groupe

(1) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, 27 décembre 1903.

(2) Deslandres, Comptes rendus, novembre 1903; Guillaume, Ibid. — Cortie, S. J., Astrophysical Journal, novembre 1903.

(3) Les résultats rappelés ci-dessus, en parlant du rayonnement hertzien du Soleil, n'infirment pas cette assertion.

de taches au méridien central : ces perturbations se succèdent souvent à des intervalles qui sont des multiples de la durée de rotation. — Un peu plus tard Veeder proposa une loi différente : il y était fait appel à l'influence des taches visibles dans la *partie nord-est* du disque.

Une première fois, il y a quelques années, le P. Sidgreaves, S. J., discutant les observations complètes faites de 1880 à 1898 à Greenwich et à Stonyhurst, avait conclu à la non-vérification de ces lois prises individuellement. Une étude plus récente du P. Cortie, S. J., vient d'étendre ces conclusions à la période 1898-1902, période qui comprend le dernier minimum d'activité solaire. La rareté des taches durant ces années permet des comparaisons plus nettes et par là rend la portée des résultats plus considérable.

Le double échec subi par les lois de Marchand et de Veeder a eu pour effet de reporter davantage l'attention vers les protubérances qui, elles aussi, subissent la fluctuation undécennale. Beaucoup plus nombreuses que les taches qui ne dépassent guère le 40e parallèle, elles doivent nous renseigner de façon bien plus complète sur l'activité solaire (1). Les *protubérances polaires* en particulier (Tacchini, Respighi, Lockyer) semblent faire bien augurer d'une solution prochaine. Des recherches récentes ont décelé la loi des déplacements protubérantiels : elle est inverse de celle des taches ; les protubérances s'avancent de l'équateur vers les pôles : ce serait leur approche aux pôles qui entrerait en ligne de compte dans l'établissement des pronostics magnétiques (2).

L'époque récente du minimum a permis de soumettre au contrôle une autre loi relative aux taches solaires, la *loi des zones* de Spörer. Elle s'énonce comme suit : " Un peu avant le minimum il n'y a de taches que près de l'équateur solaire entre + 5° et — 5°. A partir du minimum, les taches qui avaient depuis longtemps déserté les hautes latitudes s'y montrent

(1) Voir MEMORIE DELLA SOCIETA DEGLI SPETTROSCOP. ITALIANI, 1902-1903 (passim). — Moreux, *Le Problème solaire*. — W.-J.-S. Lockyer : NATURE, 5 novembre 1903.

(2) " The existence of prominences in the *polar* regions is coincident with great magnetic disturbances on the earth... there seems little doubt that we must look to the study of solar prominences not only as the primary factors in the magnetic and atmospheric changes in our sun, but as the instigators of terrestrial variation. „ J. Norman Lockyer, PROC. ROY. SOC., t. 71. — NATURE, de Londres, 11 febr. 1904.

brusquement vers ± 30°. Puis elles se multiplient un peu partout, à peu près entre ces limites, jusqu'au maximum, mais leur latitude moyenne diminue constamment jusqu'à l'époque du nouveau minimum. „

Cette loi, elle aussi, a été trouvée partiellement en défaut. L'époque précise du minimum était 1901,7. Les observations ont montré :

1° Que les taches ont commencé à paraître dans les hautes latitudes pendant le second semestre de 1900, soit environ *un an* avant le minimum.

2° Que les taches n'ont disparu dans les latitudes basses que vers la fin de l'année 1902.

La réapparition de taches dans les latitudes les plus élevées des *zones royales* ne s'est donc pas produite à partir du minimum, mais en a notablement précédé l'époque.

Le Stéréoscope en Astronomie. — Le stéréoscope gagne du terrain en astronomie et en météorologie. Jusqu'ici les services qu'il rend sont modestes, leur variété n'est pas bien considérable, mais ces services sont réels. Il y en a de deux sortes : recherche d'étoiles à déplacements sensibles ou d'étoiles à parallaxe, et études de relief.

Il est aisé de saisir l'application heureuse faite du principe stéréoscopique à la première de ces deux classes de recherches. Deux épreuves d'une même région du ciel, prises à six mois d'intervalle, présenteront des clichés identiques, hormis ce point que pour les étoiles à parallaxe les positions ne se correspondront pas rigoureusement. Il en résultera qu'à l'examen stéréoscopique elles se détacheront du fond stellaire et paraîtront flotter soit en avant, soit en arrière du plan général.

Si la recherche porte sur les étoiles à mouvement propre sensible ou sur les petites planètes, une comparaison de deux clichés pris à des époques convenablement espacées les fera apparaître de façon analogue. Les astres cherchés se trahiront par leur position en saillie ou en retrait sur l'ensemble.

Le *principe* employé ici n'est pas neuf : il y a longtemps qu'il sert à révéler les discordances imperceptibles de deux figures presque identiques comme seraient un billet de banque et une adroite contrefaçon de ce billet. Placées sous le double oculaire du stéréoscope, deux épreuves issues d'une même matrice lithographique fournissent une image plate et sans relief ; mais si l'on vient à remplacer l'une de ces épreuves par

un dessin qui tout en lui ressemblant beaucoup s'en écarte dans quelques menus détails, l'image résultante se modifie profondément : les filets de la gravure ondulent en avant et en arrière d'un plan moyen, la courbe gauche apparaît partout et là où elle apparaît trahit la main du faussaire.

Toutefois, si le principe employé n'est pas neuf, si même son application à l'astronomie remonte à deux ou trois ans déjà, son utilisation date d'hier. C'est tout récemment (1) que M. Pulfrich d'Iéna a réussi à construire un " stéréocomparateur „ pratique composé de deux microscopes coudés, convenablement assemblés ; cet instrument superpose les images prises par une même lunette et se prête de la meilleure manière aux délicates recherches dont il vient d'être question.

Les études stéréoscopiques portant sur le *relief* ont été assez diverses ; plusieurs cependant n'en sont qu'à leurs débuts, d'autres restent encore à l'état de projet. On a essayé, durant l'éclipse totale de 1893, de reproduire stéréoscopiquement la couronne solaire : l'obtention de son relief serait une donnée d'un prix réel ; les postes *conjugués* du Brésil et du Sénégal étaient, dans ce but, munis d'appareils similaires. L'expérience a échoué par suite des conditions atmosphériques.

Le relief du sol lunaire a été obtenu en mettant à profit la libration de notre satellite, libration capable de fournir une base stéréoscopique *virtuelle* de 30 000 kilomètres. Malheureusement les clichés obtenus jusqu'ici, quelqu'intéressants qu'ils soient, appartiennent tous à la catégorie des épreuves à petite échelle. Faits à grande échelle et amplifiés, comme c'est le cas pour les planches de l'atlas Lœwy et Puiseux, ils constitueraient des reproductions saisissantes et extrêmement intéressantes pour les sélénographes.

Plus récemment M. Wolf à Heidelberg et MM. Barnard et Wallace à l'Observatoire Yerkes, ont obtenu de magnifiques épreuves cométaires. A l'aide d'un double télescope photographique, M. Wolf a reproduit la comète Perrine ; les poses pour chaque cliché étaient d'une heure. La seconde pose a commencé 10 minutes après la première, décalage qui, combiné avec le déplacement de la comète, devait amener l'effet stéréoscopique cherché (2). — MM. Barnard et Wallace ont obtenu dans des con-

(1) Astronomische Nachrichten, 3745-3768.
(2) Monthly Notices, vol. LXIII, nº 1.

ditions analogues la reproduction de la comète Borelly (1). La stéréoscopie rend ici des services de même ordre que ceux qu'on attend d'elle pour l'étude de la couronne. Dans les clichés obtenus, la masse cométaire se détache, transparente, sur le fond du ciel strié de traces d'étoiles, et laisse voir sous leur vraie forme les courbures des queues et des aigrettes.

On a encore proposé (Prinz) d'appliquer le stéréoscope à reconnaître la structure des éclairs. On l'a employé avec succès pour la reproduction exacte des nuages. M. Hamy a fait remarquer (2) aussi qu'en combinant l'effet stéréoscopique et l'effet Döppler-Fizeau, on pourrait obtenir d'un astre une image d'un genre bien particulier. Grâce à deux appareils à prismes objectifs, on photographierait d'abord cet astre en lumière monochromatique : les appareils employés seraient identiques, à cela près que le *sens* de la dispersion dans l'un serait inverse du sens dans lequel elle agit dans l'autre; on chargerait ensuite le stéréoscope de combiner les images obtenues. La surface de l'astre se trouverait reproduite, mais la *vitesse radiale* de chaque point de cette surface se traduirait par un déplacement proportionnel du point, soit en avant, soit en arrière du plan de référence. Celui-ci, constitué par un fin quadrillage recouvrant les deux images stéréoscopiques, fournirait l'élément de comparaison par rapport auquel s'évalueraient les *cotes* de cette " surface des vitesses ". Il est à peine nécessaire de remarquer qu'une surface cotée de cette nature faciliterait dans une large mesure les *études d'ensemble* sur les vitesses radiales.

Les prochaines éclipses totales de Soleil. — 1904 et 1905 nous en réservent deux, et elles se présentent dans des conditions d'observation assez diverses pour mériter d'être signalées.

La première aura lieu le 9 septembre de cette année. Quelques personnes, préoccupées apparemment d'aller observer le phénomène, avaient prié M. Downing de leur préciser la zone de totalité. M. Downing leur répond à peu près en ces termes (3) : " Il y a, dit-il, un groupe d'îles qui présenteraient les conditions les plus favorables pour l'observation de l'éclipse. Ce sont les îles Walker, qu'on trouvera sur les cartes par 149° O. et 4° N. Le malheur

(1) Astrophysical Journal, octobre 1903.
(2) Comptes rendus, 17 juin 1901.
(3) Revue Scientifique, 1902.

veut toutefois qu'on ne les trouve pas ailleurs... car les explorations récentes montrent que ces îles n'existent pas.

„ Il est vrai que le récif Kingman ou Caldew, par 162° O. et 6° N., est tout aussi bien situé. Et celui-là existe certainement. Mais il ne faut pas se hâter de se réjouir ; car ledit récif n'est à sec — et en partie seulement — qu'à marée basse : le reste du temps, il est sous l'eau.

„ Reste l'île Palmyra, par 162° O. et 5°52′ N. Mais elle est un peu trop au sud, si les cartes disent vrai. Aux Marshall une île pourrait faire l'affaire si seulement elle avait voulu se déplacer quelque peu vers l'est. Conclusion : il n'y a rien à faire qu'à attendre l'éclipse de 1905. „

Et celle-ci nous dédommagera, non qu'elle doive présenter une durée exceptionnelle, mais par la grande proximité de la zone atteinte. La totalité ne dépassera guère 3^m45^s : c'est la moitié seulement de la durée de l'éclipse de l'Insulinde (18 mai 1901). — En revanche, le phénomène est à nos portes : des services maritimes spéciaux et de nombreuses croisières s'organiseront en son honneur, comme ce fut le cas en 1900, et débarqueront leur flot d'observateurs et de curieux sur les côtes d'Espagne. L'éclipse promène sa bande de totalité au travers de la péninsule ; elle y entre au N.-O. par la côte de l'Atlantique et n'en sort que pour aller passer sur l'archipel des Baléares, l'Algérie et la Tunisie. Au nombre des stations rencontrées par le cône d'ombre, plusieurs se recommandent à la fois par un accès facile et par des conditions climatériques excellentes. Telles sont : Monte Colibre, dans le petit groupe des îles Columbrètes ; Alcala de Chisvert, entre Valence et Barcelone ; le village d'Alcosebre, situé sur la côte de la Méditerranée, au sud-est d'Alcala. Signalons tout spécialement le nouvel Observatoire de l'Èbre près de Tortose (Espagne), qu'érige en ce moment la Compagnie de Jésus.

R. J.

GÉOLOGIE

—

Le terrain houiller supérieur dans le Nord de l'Europe. — Il a été admis pendant longtemps que le régime du *grès rouge* s'était établi en Angleterre dès le début de la période

permienne, et qu'ainsi les premières assises du *new red sandstone* pouvaient être considérées comme l'équivalent continental du permien inférieur de l'Oural.

D'autre part, il y a une trentaine d'années, des sondages entrepris, dans le Staffordshire, à travers ce terrain, avaient permis de constater, au milieu de roches rouges identiques avec le *new red* normal, l'existence de plusieurs veines de houille, contenant des végétaux d'âge carboniférien, tels que des *Stigmaria*. Aussi les géologues admettaient-ils que, dans leur pays, il y avait concordance absolue entre le permien et le carboniférien supérieur, les sédiments de ces deux périodes ayant dû se succéder sans aucune interruption.

Cependant une telle concordance paraissait bien difficile à concilier avec ce qu'on sait du grand mouvement orogénique qui, après le carboniférien moyen ou *westphalien*, a fait naître, d'une extrémité à l'autre de l'Europe, la grande chaîne de montagnes que M. Suess a nommée *armoricaine-varisque* et que, plus communément, on désigne avec M. Marcel Bertrand sous le nom de chaîne *hercynienne*. Il n'était guère douteux que ce mouvement n'eût dressé à une assez grande hauteur toute la région située entre le bord méridional du massif ardennais et le territoire des Highlands d'Écosse. Non seulement la mer avait été rejetée au sud de ce territoire ; mais on n'en trouvait plus de traces que dans le voisinage de la Méditerranée, et les bassins houillers formés, pendant la période stéphanienne, entre l'Ardenne et les régions méridionales, étaient tous des bassins d'eau douce, nés dans les dépressions qui séparaient la nouvelle chaîne du synclinal méditerranéen.

De cette façon, il était tout à fait improbable que des dépressions de ce genre se fussent formées dans le cœur même de la chaîne hercynienne. D'ailleurs, on n'en trouvait aucune trace ni en Belgique ni dans le nord de la France. Comment donc l'Angleterre avait-elle pu voir s'établir une telle continuité entre la formation de ses *coal measures* et le début du permien ?

Dans cette matière, la paléontologie, à qui appartient toujours le dernier mot, est venue prononcer une sentence décisive, et cette sentence a fait évanouir l'anomalie que nous signalons.

On sait qu'à l'époque carboniférienne, la végétation terrestre a subi une évolution très rapide. De la sorte, tandis que l'étude des faunes marines de l'époque ne permet d'y introduire qu'un petit nombre de subdivisions, toujours assez difficiles à distinguer les unes des autres, l'examen des empreintes végétales,

contenues dans les schistes de chaque gisement houiller, autorise à dire quelle est celle des nombreuses phases de la végétation carboniférienne à laquelle appartient le gisement considéré. Chaque jour l'application de cette méthode rend les plus grands services dans l'exploitation des gîtes disloqués, en permettant de raccorder les parties que des failles ont séparées. Même pour un gisement complètement isolé, un paléobotaniste exercé peut dire avec sûreté sur quel horizon il convient de le placer.

Appliquée au système des *upper coal measures* avec couches rouges du centre de l'Angleterre, la méthode paléobotanique a permis de constater que non seulement cet ensemble ne contenait pas un seul des éléments de la flore permienne, mais qu'on n'y trouvait même pas de représentants authentiques de la flore du stéphanien ou terrain houiller supérieur.

La série des *productive measures* du Staffordshire septentrional se termine par ce qu'on appelle l'assise du *black band*, à cause des lits de fer carbonaté de couleur sombre qui constituent l'une de ses richesses. Or la flore de cette assise est celle des couches supérieures du bassin du Pas-de-Calais, par exemple celles de Bully-Grenay.

Au-dessus du black band apparaissent plus de six cents mètres de couches, qui sont, en ordre ascendant (1) : 1° l'assise des marnes rouges d'Etruria ; 2° celle de Newcastle-under-Lyme ; 3° celle de Keele, formée de grès et marnes pourprés, avec minces veines de houille. Dans tout cet ensemble, où il n'y a que des mollusques d'eau douce ou saumâtre, *Anthracomya*, *Carbonicola*, etc., il s'intercale à diverses reprises des lits de calcaire à spirorbes, autrefois attribués au permien.

Cela dit, les végétaux de l'assise la plus élevée, celle de Keele, sont ceux de Bully-Grenay, c'est-à-dire la flore du westphalien supérieur ; et on peut affirmer qu'à l'heure présente, *il n'est pas un seul point de l'Angleterre où l'existence d'une flore stéphanienne ait été constatée.*

Donc jusqu'à nouvel ordre, on a le droit de considérer l'étage stéphanien comme absent des Iles Britanniques. La prétendue concordance du houiller avec le permien repose sur une attribution inexacte, à ce dernier étage, de couches rouges qui doivent, par leur flore, rentrer dans le westphalien. Le permien anglais débute partout par la brèche à fragments de calcaire carboni-

(1) Gibson, QUARTERLY JOURNAL OF THE GEOL. SOC. OF LONDON, LVII, p. 251.

fère qui sert de base au calcaire magnésien *(magnesian limestone)*, équivalent du Zechstein allemand. Si bien que la lacune s'étend vraisemblablement, non seulement au permien inférieur, mais aussi au permien moyen.

Cette constatation entraîne des conséquences intéressantes, en ce qui concerne l'âge des roches rouges rencontrées, soit dans les sondages de la Campine, soit dans ceux de la Westphalie. Que des sondages voisins du Wesel aient rencontré des grès et marnes rouges du trias avant d'atteindre le houiller, la chose est possible et même très probable ; mais il ne s'ensuit nullement que toutes les roches rouges de ces sondages soient du trias ni même du permien. Il y a des cas où, comme au charbonnage Général Blumenthal, les couches rouges ont été rencontrées en plein terrain houiller. Or le terrain houiller de Westphalie, même dans l'extrême nord, à Ibbenbühren, ne contient rien de plus récent que la flore de Bully-Grenay.

Il est donc à croire que l'Allemagne du Nord, et avec elle la Belgique, n'ont jamais porté de dépôts stéphaniens. En revanche, il est fort possible que la partie supérieure du westphalien, soit dans le nord de la Westphalie, soit sous la Campine, revête déjà cet aspect, caractérisé par les roches rouges, qui prévaut dans les bassins du centre de l'Angleterre, bassins dont celui de la Campine est d'ailleurs la continuation géographique.

L'âge des calcaires à Productus de l'Inde. — L'Inde est bien loin de nous ; et il semble peu nécessaire d'aller chercher jusque là des sujets capables d'intéresser les géologues européens. Pourtant la question des calcaires à *Productus* de la chaîne du Salt Range mérite d'être ici envisagée, ne fût-ce que pour les enseignements généraux qui en découlent, et l'invitation à la prudence qu'on en peut tirer en matière d'assimilations à distance (1).

Dans le nord de l'Inde, au cœur de la chaîne salifère, on connaît depuis longtemps une formation calcaire, où dominent les brachiopodes du genre paléozoïque *Productus* et qui repose sur un conglomérat à cailloux striés, d'origine encore très énigmatique. Cette formation a été étudiée, à partir de 1872, par Waagen, dont les idées à cet égard ont subi une évolution très intéressante.

(1) Voir de Lapparent, BULLETIN DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE, 4e série, t. III, p. 303.

En 1872, Waagen inclinait à voir dans ces calcaires une série carboniférienne. En 1879, commençant la publication de ses *Salt Range fossils*, il n'attribuait plus au carboniférien que la partie inférieure des calcaires. Trois ans après, cette base elle-même devenait permo-carbonifère, et, en 1891, Waagen affirmait son synchronisme avec le grès d'Artinsk.

Ce fut bien pis encore quand M. Noetling, devenu le successeur de Waagen au service géologique de l'Inde, reprit à son tour l'étude de la question (1). Il arriva à cette conclusion, que toute la série des calcaires à *Productus* appartenait au *permien supérieur* ou *thuringien*, avec passage progressif au trias. De la sorte, c'est tout au plus si le permien moyen eût été représenté par les conglomérats de base, et la région aurait été complètement dépourvue d'assises carboniférienne.

En publiant ces résultats, M. Noetling ne manqua pas de gourmander l'auteur du présent compte rendu, pour les erreurs grossières *(arge Irrthümer)* que nous aurions commises en établissant, dans la 4e édition du *Traité de Géologie*, un tableau de synchronisme d'après lequel le moscovien, l'ouralien et le permien tout entier auraient eu leur représentation dans la série des couches indiennes. En agissant ainsi, nous nous étions conformé à une opinion déjà émise par MM. Suess, Diener et Tschernyschew, opinion qui nous semblait mettre, dans la détermination des équivalences, plus d'ordre et de continuité que toute autre solution. Cela nous valait la critique amère de M. Noetling, avec qui, d'ailleurs, M. Frech, dans le chapitre, consacré au permien, de son important ouvrage *Lethœa*, se déclarait en complet accord.

Mais voici que M. Tschernyschew est entré en lice, par un magistral ouvrage sur la faune carboniférienne de l'Oural (2). Dans cet ouvrage, enrichi de planches magnifiques en phototypie, l'auteur a commencé par décrire la faune des assises qui, dans l'Oural, terminent le carboniférien, étant nettement surmontées par le grès d'Artinsk ou permien inférieur, de sorte que leur âge n'est pas un instant douteux, enclavées qu'elles sont entre l'artinskien et le moscovien (ou carboniférien moyen) à *Spirifer mosquensis*. Pour le dire en passant, c'est au milieu de ces assises ouraliennes que se trouve le vrai *Productus Cora*,

(1) Neues Jahrbuch für Mineralogie, etc. Beilageband XIV.

(2) *Die Obercarbonischen Brachiopoden des Ural und des Timan* (Mémoires du Comité géologique russe), 1902.

celui qu'Alcide d'Orbigny a décrit dans l'ouralien de Bolivie et qu'on a constamment identifié à tort avec une espèce du calcaire de Visé, qui doit s'appeler *Productus corrugatus*.

Or ce qui a frappé M. Tschernyschew, c'est l'identité frappante de la faune des calcaires à *Productus* de l'Inde avec celle des calcaires ouraliens. Du même coup, l'auteur a découvert la cause de l'erreur dans laquelle d'autres observateurs ont pu tomber. Non seulement par ses brachiopodes, mais aussi par l'ensemble des autres groupes animaux, cette faune offre, à certains égards, un cachet *plus jeune* que la faune du permien russe. C'est pourquoi, si les deux étages n'étaient pas observés en évidente superposition, un paléontologiste, se basant exclusivement sur le degré d'évolution de la faune, déclarerait l'ouralien plus jeune que le permien ! C'est ce qui est arrivé pour les calcaires à *Productus*, au-dessous desquels la faune normale du carbonifé-rien fait défaut, tandis que par dessus on trouve celle du trias.

En outre M. Noetling a été d'autant plus facilement induit en erreur, que la solution par lui adoptée offrait à ses yeux l'avantage de faire débuter le permien par un conglomérat à blocs striés. Comme des conglomérats semblables s'observent aussi dans l'Inde péninsulaire, en Afrique australe et en Australie, même au Brésil, dans des circonstances de gisement assez analogues en apparence ; comme, d'autre part, la majorité des géologues inclinent à attribuer à ces conglomérats une origine glaciaire, il se trouvait ainsi que la période permienne aurait été partout inaugurée par un refroidissement universel, faisant naître des glaciers et anéantissant la flore carbonifé-rienne pour y substituer la *flore de Gondwana*, à *Glossopteris* et *Gangamopteris*.

Tout cet échafaudage s'écroule devant les constatations de M. Tschernyschew, pour qui le conglomérat à blocs striés est ouralien, et qui va même jusqu'à englober dans le permien inférieur le sommet des calcaires à *Productus*.

En tout cas, il y a dans ces faits une raison de plus de pratiquer une grande prudence dans l'établissement des synchronismes à distance, ainsi qu'un avertissement salutaire à se défier de ces solutions d'apparence trop simple, qui consistent à vouloir inaugurer partout une même époque par des événements identiques.

Le permien dans les Pyrénées. — Il y a quelques années, M. Caralp avait fait connaître l'existence, près de Saint-Girons (Ariège), d'un dépôt marin que ses fossiles, trilobites et gonia-

tites, permettaient d'attribuer au permien inférieur (étage artinskien).

Le même auteur a complété ses premières recherches (1) et M. Haug a pu fixer définitivement les analogies de cette faune avec celles de la Sicile et de l'Oural. Il est donc prouvé que, lors du permien inférieur, un bras de mer, détaché sans doute de la mer à fusulines des Alpes orientales, venait former un golfe profond jusqu'au milieu de la région pyrénéenne actuelle. M. Caralp a d'ailleurs pu démontrer l'existence, dans la même région, du permien moyen et du permien supérieur, mais sous leur forme continentale ou littorale.

Si nous rappelons que M. Gortani (2) a reconnu le prolongement, sur le territoire du Frioul italien, des couches permiennes à fusulines des Alpes méridionales, et que la même faune a été rencontrée près du littoral de la Dalmatie, on reconnaîtra que nos connaissances, relativement à l'extension de la mer du permien inférieur, ont fait dans ces dernières années de notables progrès.

L'âge des couches du Potomac en Amérique. — La question de l'âge qu'il convient d'attribuer aux sables et argiles du bord atlantique des États-Unis semble, au premier abord, peu faite pour intéresser les géologues du continent et, en particulier, ceux de la Belgique. Néanmoins ce problème est exactement du même ordre que celui qui est soulevé à propos de l'âge des couches de Bernissart (ancien *aachénien* de Dumont). Les deux questions sont connexes, et les arguments qui conviennent à l'une peuvent être appliqués à l'autre.

Au début, les couches en litige, appelées *série du Potomac*, du nom de l'estuaire sur les bords duquel on les observait, ont été considérées comme un facies spécial du crétacé inférieur, équivalent au *wealdien* de l'Angleterre et de la France septentrionale. Bientôt on apprenait à y distinguer une série de termes qui, d'après leurs flores, s'échelonnaient entre le néocomien et l'albien. Un fait intéressant était l'apparition, à la base de la série, de végétaux dans lesquels il était permis de voir la première éclosion authentique des dicotylédones angiospermes.

Ces couches ne renfermaient pas de mollusques. Mais on y trouvait des ossements de reptiles, notamment de dinosauriens.

(1) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, CXXXVII, p. 1008.
(2) *Accad. dei Lincei, Rendiconti*, (5) XI, II, p. 316.

Il était naturel qu'on cherchât, pour ces débris, des points de comparaison en Amérique. M. Marsh, qui avait exploré, avec le succès que l'on sait, les couches à *Atlantosaurus* de la région des Montagnes Rocheuses, entrevit des rapports étroits entre les reptiles des couches atlantiques et ceux de l'étage à *Atlantosaurus*, qu'il avait classés dans le jurassique supérieur. Aussi entreprit-il, pour la poursuivre avec ténacité jusqu'à sa mort, une campagne en vue de faire rentrer dans le jurassique la série entière du Potomac.

D'autre part, M. Lester Ward (1), en procédant à une étude détaillée de la flore de la série, y reconnaissait une succession d'horizons, dont chacun pouvait être mis en parallèle avec un des étages du crétacé inférieur et, jusque dans la région des Montagnes Rocheuses, ou du moins aux Black Hills, il montrait (2) qu'il y avait, au-dessus des couches à *Atlantosaurus*, dites argiles de Beulah, d'autres argiles, avec lits charbonneux, contenant, avec des cycadées, une flore identique avec celle du Potomac inférieur.

L'étude de ces formations a été reprise par MM. Clark et Bibbins (3). Dans un premier travail, ces géologues avaient admis qu'il y avait, dans le Potomac, une série incontestablement crétacée, comprenant, à la base, l'assise de *Patapsco*, où les dinosauriens faisaient défaut, et, au sommet, l'assise de *Raritan*, d'âge albien indiscutable. Au-dessous de Patapsco se trouvait l'assise d'*Arundel*, avec dinosauriens et tortues ; puis enfin celle de *Patuxent*, dont la flore, surtout composée de conifères et de cycadées, renfermait des dicotylédones de type très archaïque. Il semblait alors aux auteurs que les assises d'Arundel et de Patuxent pourraient être attribuées au terrain jurassique.

Mais de nouvelles recherches les ont amenés à reconnaître, entre ces différents termes, des liens plus étroits qu'ils n'avaient d'abord supposé. Un dinosaurien a été trouvé dans Patapsco, et même un plésiosaure dans Raritan. Aussi l'attribution de Patuxent au jurassique n'est-elle plus présentée par eux qu'avec doute.

Remarquons à ce sujet que si les couches à *Atlantosaurus*

(1) Science, 1897 ; United States Geological Survey, 15th and 16th annual Reports.

(2) Ibid., 19th Report.

(3) Journal of Geology, Chicago, V, p. 479 ; Bulletin of the Geological Society of America, XIII, p. 187.

ont été rangées dans le jurassique, c'est par suite d'une détermination purement arbitraire, attendu que, dans cette région de l'ouest, il n'existe pas d'assise jurassique marine plus récente que l'oxfordien, ni d'assise crétacée marine plus ancienne que le cénomanien. Il pourrait donc très bien se faire que les couches qui contiennent les célèbres dinosauriens décrits par Marsh dussent être attribuées au néocomien ; et alors toute contradiction disparaîtrait. Les couches inférieures du Potomac deviendraient, comme on le pensait au début, l'équivalent du wealdien anglais.

Ce qui tendrait à confirmer cette hypothèse, c'est qu'une flore avec dicotylédones primitives, très semblable à celle du Potomac, a été trouvée dans ces dernières années en Portugal, au sein des couches tout à fait inférieures d'un crétacé marin bien caractérisé par ses fossiles, qui le classent sans doute possible dans l'étage valanginien, base du néocomien.

Les formations dites interglaciaires. — M. Holst (1) a fait en Scanie une observation importante, d'où peut résulter une modification profonde des vues admises jusqu'ici à l'égard de certaines formations dites interglaciaires.

La craie blanche affleure en Scanie dans la région de Tullstorp, où elle est largement exploitée. Les besoins de l'extraction ont déterminé dans ces derniers temps l'exécution de nombreux sondages, et il en est résulté cette curieuse constatation, qu'au lieu d'être en place, comme l'avaient admis tous les auteurs précédents, *la craie blanche de Scanie est à l'état de morceaux gigantesques* (quelques-uns ont 850 mètres de long, 300 de large et 15 d'épaisseur) *englobés dans le terrain glaciaire.* La seule roche crétacée en place dans la région est le calcaire danien dit de Saltholm, que l'on n'atteint qu'entre 33 et 70 mètres de profondeur, tandis que la craie blanche, d'âge plus ancien, arrive à deux mètres de la surface.

Ce sont des circonstances analogues à celles qui déjà ont été reconnues sur les îles de Moen et de Rügen. Si, dans un premier examen, la craie semble intacte et non dérangée, on constate que souvent la roche est toute prête à se désagréger en fragments, que les couches de silex y sont broyées, et que des fragments de moraines ou de graviers ont été violemment introduits et comprimés dans la craie. Il y a même des cas où des

(1) Geologisches Centralblatt, 1903.

fragments de bois de cerf ont été trouvés jusqu'à six mètres de profondeur en pleine craie.

L'auteur en conclut qu'on pourrait qualifier la craie de Scanie d'*interglaciaire*, au même titre que bien des dépôts qui s'observent intercalés entre deux moraines. D'ailleurs, la moraine inférieure ou de fond lui semble avoir des caractères très différents de la moraine supérieure, qui paraît s'être formée à l'extrémité d'une calotte glaciaire en voie de fusion. Il fait remarquer en outre que, si elle résultait d'une glaciation différente de celle qui a produit la moraine de fond, elle aurait trouvé devant elle, comme résultat de la prétendue période interglaciaire, une végétation qu'il lui aurait fallu écraser et dont les débris se retrouveraient dans son sein.

M. Holst applique ces considérations au gisement bien connu de Rixdorf, près de Berlin. L'allure des sables et graviers lui paraît incontestablement glaciaire. Quant à la faune, elle offre des mélanges qui lui font penser qu'une partie doit provenir du remaniement de dépôts antérieurs.

La tectonique alpine. — La géologie des Alpes orientales est en train de subir une rénovation complète.

On sait que cette région est caractérisée par un développement tout particulier des calcaires du trias supérieur et du rhétien, développement qui forme un contraste accentué avec la composition normale du Keuper dans ce qu'on appelle *la province germanique*.

Une première fois, il avait fallu reconnaître qu'on s'était trompé sur la succession des couches aux environs de Hallstatt, et que, faute d'avoir reconnu un renversement des assises, on avait placé à la base ce qui devait être au sommet.

On n'en continuait pas moins à considérer le célèbre *calcaire du Dachstein* comme un massif en place, représentant un facies coralligène, ou plutôt zoogène, du trias supérieur et de l'étage rhétien. Il est vrai qu'une étude plus attentive de ce calcaire y avait fait reconnaître plusieurs intercalations de couches de nature différente, appartenant à divers étages du rhétien ou du lias ; comme si, interrompue de temps à autre par des épisodes de sédimentation normale, la formation du récif avait repris chaque fois, de manière à embrasser un grand nombre d'étages géologiques successifs.

Cette conception, assez difficile à admettre au point de vue théorique, a reçu le coup de grâce des récentes observations de

M. Wähner (1). Ce savant a reconnu que les couches, soi-disant horizontales, du calcaire du Dachstein, résultaient de l'empilement d'une suite de plis horizontaux, faisant revenir jusqu'à trois fois la même assise. De la sorte, les prétendues intercalations représentent les ailes, plus ou moins étirées, des plis couchés.

Cette idée fondamentale était destinée à prévaloir bientôt pour tout l'ensemble de la chaîne des Alpes orientales. Jusqu'ici on admettait qu'un noyau longitudinal de gneiss y formait un anticlinal, contre lequel s'appuyaient de part et d'autre, d'abord la *calotte schisteuse (Schieferhülle)*, ensuite les masses calcaires du trias.

Or les études de M. Termier (2), d'accord avec une suggestion émise au Congrès de Vienne par M. Suess, tendent à établir qu'il n'y a, dans les Alpes orientales, que des *nappes charriées*, dont l'origine devrait être cherchée au sud, dans le Gailthal.

Autrefois l'esprit eût répugné devant l'ampleur d'un pareil transport. Depuis les travaux de MM. Marcel Bertrand, Lugeon et Schardt sur les Alpes suisses, il n'y a plus à douter que les charriages n'aient été la règle ; et ce qui confirmerait encore cette interprétation, c'est la frappante analogie que reconnaît M. Termier entre la *Schieferhülle* d'une part, les *schistes lustrés* du Briançonnais et des Grisons d'autre part. Ainsi, ces couches, autrefois regardées comme paléozoïques, ne représenteraient probablement que le lias.

Il y a là toute une révolution dans la façon de comprendre la structure de l'Europe centrale. Le rôle des transports horizontaux y apparaît de plus en plus comme prépondérant.

Le métamorphisme de contact à Madagascar. — M. Lacroix a fait connaître (3) d'intéressants exemples du métamorphisme que le contact d'un granite riche en alcalis a provoqué dans un ensemble de sédiments, grès à ciment calcaire, grès et schistes argileux, qu'on observe dans le nord-ouest de Madagascar, où ces couches sont certainement plus jeunes que le lias.

Les grès calcaires sont transformés en cornéennes, les schistes argileux en schistes micacés à biotite. On voit en outre des cornéennes amphiboliques, des quartzites à grenat et à riebeckite,

(1) *Das Sonnwendgebirge*, Leipzig, 1903.
(2) Comptes rendus de l'Académie des Sciences, CXXXVII, pp. 807, 875.
(3) Nouvelles Archives du Muséum, 4e série, t. V (1903).

parfois remplacée par de l'ægyrine. Le développement de ces minéraux, ainsi que celui de l'orthose, attestent un apport fourni par la roche granitique, qui renferme tous ces éléments. Un fait remarquable est l'abondance, au milieu des couches métamorphiques, de la fluorine, confirmant le rôle joué par le fluor dans les émanations des granites alcalins. Enfin la présence fréquente du zircon, produit sous les mêmes influences et se substituant par pseudomorphose à l'amphibole, vient encore ajouter à l'originalité des roches éruptives récentes de la grande île africaine.

La signification géologique des anomalies de la pesanteur. — Un travail tout particulièrement intéressant est celui que M. Ricco a publié (1) sur les anomalies de la pesanteur dans la Sicile et l'Italie méridionale. En combinant ses propres observations avec celles qu'avaient faites en 1894 les officiers de la marine autrichienne, M. Ricco a pu tracer, pour toute la région, des courbes *isanomales,* dont l'allure met en évidence des résultats très curieux.

D'abord, il est à remarquer que l'anomalie de la gravité est presque nulle au sommet de l'Etna et rigoureusement nulle sur l'Apennin au nord de Naples, aux environs de Campobasso. En revanche, elle atteint son maximum, soit 180 unités du 5e ordre, d'une part au Stromboli et au large de Castellamare di Stabia, de l'autre au large de Syracuse.

La courbe de 180 est exactement parallèle au contour de la mer Tyrrhénienne. De même, les courbes s'échelonnent, en Sicile et en Calabre, parallèlement au contour de la mer Ionienne. En d'autres termes, les courbes de forte anomalie font cortège aux deux fosses, tyrrhénienne et ionienne, qui caractérisent cette partie de la Méditerranée et dont la première a son plus grand fond à 3731 mètres, la seconde à 3968. Il y a donc un rapport étroit entre les anomalies de la gravité et la distribution des effondrements ou ombilics terrestres.

De plus, les districts de l'Italie méridionale où les courbes isanomales se resserrent le plus, par exemple le flanc sud de l'Etna et la côte occidentale de la Calabre, sont aussi ceux où les mouvements sismiques (tremblements de terre) sont le plus fréquents.

D'après cela, il est permis de croire qu'on s'est trop hâté de généraliser quelques observations, faites dans des îles océa-

(1) Rendiconti della Accad. dei Lincei, 21 juin 1903.

niques, pour en conclure que la pesanteur était partout en excès au-dessus des mers. En effet, M. Hecker, à l'aide de déterminations fondées sur l'emploi simultané du baromètre et de l'hypsomètre, a pu s'assurer que, dans l'Atlantique, pour toute la traversée de Hambourg à Rio-de-Janeiro, la valeur de la gravité demeurait voisine de la normale (1).

A. DE LAPPARENT.

BOTANIQUE

La germination des graines. — La germination des graines ne se fait pas également vite chez toutes les plantes. C'est là un fait bien connu ; certaines graines germent dès leur maturité, d'autres ne peuvent lever qu'après un certain temps de repos, les unes conservent pendant très longtemps leur pouvoir germinatif, les autres le perdent très rapidement ; il en est ainsi par exemple de la plupart des graines de plantes tropicales de culture industrielle. Toutes les graines doivent, pour germer convenablement, se trouver dans certaines conditions qui dépendent de la graine elle-même et de facteurs extérieurs.

La germination de la graine dépend en toute première ligne de sa maturité et de son âge, il faut naturellement aussi que la graine contienne un embryon en parfait état. Parmi les facteurs extérieurs qui entrent en ligne de compte dans la germination il faut citer : eau, chaleur et oxygène. L'eau est nécessaire à la plante, car c'est elle qui, dissolvant les produits nutritifs, permet leur transport dans les tissus. Il faut à chaque plante un optimum de chaleur ; cet optimum est variable, mais aucune graine ne peut germer au-dessous de zéro, ni au-dessus de cinquante degrés centigrades. L'oxygène est absolument nécessaire à la germination comme à toutes les phases de la vie des plantes supérieures ; des graines enfoncées profondément dans le sol ne germent pas et peuvent même parfois conserver très longtemps leurs propriétés germinatives : c'est ainsi que des graines enfouies

(1) VERÖFFENTLICHUNG DES PREUSSISCHEN GEODÄTISCHEN INSTITUTES, Berlin, 1903 ; de Lapparent, COMPTES RENDUS DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, CXXXVII, p. 827.

depuis des années à une grande profondeur et ramenées à la surface du sol se sont rapidement développées.

Certains facteurs favorisent la germination, par exemple l'obscurité; on a cherché à accélérer la levée des graines par des substances chimiques qui exercent dans plusieurs cas une action nettement accélératrice. Certaines de ces substances ont été déjà indiquées depuis fort longtemps, car Humboldt a obtenu la germination des graines du cresson alénois au bout de six heures dans une dissolution de chlore, alors qu'il leur faut en général trente à trente-six heures pour lever dans l'eau. L'action nettement accélératrice du chlore a pu être démontrée avec des graines de *Dodonea angustifolia, Mimosa scandens* et autres plantes exotiques qui, mises en terre après gonflement par l'eau, ne s'étaient pas développées.

Pour obtenir un bon effet avec le chlore, il faut l'employer comme suit : on fait tremper les graines pendant dix heures dans de l'eau ordinaire, puis dans de l'eau de chlore, à trois grammes de chlore par litre d'eau, au soleil pendant six heures. On retire alors les graines qui sont essuyées et semées après avoir été mélangées avec un peu de sable ou de terre fine.

L'eau camphrée accélère aussi la germination de beaucoup de graines et paraît même fortifier la plante, comme l'ont démontré des expériences faites en France par M. H. Theulier sur des graines de géranium *(Pelargonium zonale* variés), de maïs, de radis. On fait tremper les graines pendant huit heures dans de l'eau camphrée (un gramme de camphre dissous dans quelques gouttes d'alcool, pour deux litres d'eau). Cette eau camphrée sert aux arrosages ultérieurs et on peut en arroser les plantes avec un quart de litre par jour, quand elles sont adultes.

L'iode et le brome ont, ainsi que l'ont démontré les recherches de M. le Prof. Ed. Heckel, une action accélératrice très nette ; des graines de radis ramollies dans de l'eau iodée ont germé au bout de cinq jours; dans l'eau bromée la germination s'est effectuée au bout de trois jours, et dans l'eau de chlore déjà au bout de deux jours ; dans l'eau pure ces graines ne germent qu'au bout de huit jours. Dans un mélange de camphre et de brome M. Heckel put obtenir une germination en trente-six heures.

On a démontré actuellement que toutes les substances qui retiennent faiblement l'oxygène qu'elles contiennent sont accélératrices, si, bien entendu, on les dilue dans une forte proportion. Parmi ces substances on cite : *minium, acides sulfurique, nitrique, chlorhydrique, litharge, eau oxygénée.* Récemment des essais

faits sur la désinfection des graines de coton au moyen du chlorure mercurique ont fait voir que ce produit augmentait non seulement la proportion de graines germant, mais semblait hâter la germination.

L'électricité a également une action très nette sur la germination, à la condition qu'elle soit négative et employée en courant très faible; mais l'électricité positive, même en courant faible, ne produit aucun effet sur les graines.

Les vents et la végétation. — L'action des vents sur la végétation a été souvent signalée. Assez récemment, M. J. Früh, professeur à Zurich, a réuni dans une étude sur ce sujet, un grand nombre de faits qu'il avait observés particulièrement dans les vallées intérieures de la Suisse où, d'après lui, les courants atmosphériques sont le mieux révélés par le monde végétal.

Pour se rendre bien nettement compte de l'action exercée par le vent sur la forme des plantes et des arbres, il n'est pas nécessaire d'aller en Suisse. On peut l'observer partout, et en Belgique nous en possédons quelques exemples tout à fait remarquables.

Ceux qui ont eu l'occasion de parcourir la zone maritime ont pu remarquer qu'au bord de la mer les arbres, quand ils existent, sont très rabougris et possèdent des rameaux rudimentaires du côté de la mer, c'est-à-dire du côté d'où soufflent, pour toute la Belgique, les vents dominants.

Au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la côte les arbres se développent davantage, mais toujours ce sont leurs ramifications opposées à la mer et dirigées dans le sens du courant des vents dominants qui sont les plus vigoureuses, à moins bien entendu qu'ils ne se trouvent à l'abri des constructions ou au revers de dunes assez élevées. Mais, même dans ces conditions, dès que les branches dépassent l'abri, on s'aperçoit immédiatement de l'action exercée sur elles par le vent.

Un bel exemple de l'action constante de la direction des vents sur l'arbre nous est donné par les plantations qui ont été faites le long du canal de Bruges à Ostende. Tous les arbres qui actuellement ont atteint un développement assez considérable ont leur couronne portée d'un même côté, qui est le côté opposé à celui d'où soufflent les vents d'ouest.

Si, en général, cette action du vent sur la végétation est moins sensible dans le centre du pays, un observateur prévenu pourra cependant facilement s'en rendre compte dans la plaine et en particulier dans les régions du centre de notre pays où l'on

trouve des chemins creux assez profonds. Aussi longtemps que les arbres ou les arbustes qui occupent les côtés du chemin n'ont pas atteint la plaine, leurs rameaux se développent également dans tous les sens, mais dès que leur cime émerge du chemin creux, l'action du vent se fait nettement sentir, retardant la poussée dans la direction opposée au vent, l'augmentant au contraire dans la direction des courants atmosphériques.

Si dans le centre de notre pays il faut examiner la végétation d'assez près pour se rendre compte de l'influence des vents sur la direction de la croissance, sur les hauts plateaux de notre Ardenne le phénomène se marque tout aussi clairement qu'au bord de la mer. Dans les hautes fagnes de l'Ardenne liégeoise, dans les forêts qui environnent ce plateau et dans les vallées boisées qui le sillonnent on peut très nettement juger de l'action prépondérante des vents sur la direction des arbres.

Il y a, à ce sujet, des routes très instructives aux environs de Spa. L'action se manifeste chez toutes les espèces d'arbres, chez le bouleau comme chez le chêne, mais les plus beaux exemples se trouvent parmi les hêtres dont les formes sont très dissemblables suivant qu'ils se sont développés à la lisière de la forêt ou au centre, à l'abri du taillis.

On peut voir également cette même action sur les conifères et nous avons pu mesurer sur le plateau de fagnes qui sépare la Vecquée de Francorchamps, des conifères dont les branches croissant dans la direction sud-est étaient trois à quatre fois plus développées que celles croissant dans la direction nord-ouest, cette dernière étant celle des vents dominants.

Origine du sucre. — Le sucre est produit dans la plante par des actions chimiques où interviennent le soleil et la chlorophylle. A la fin d'un jour ensoleillé, les feuilles d'une betterave sucrière contiennent environ 2 grammes de sucre dont la moitié descend dans la racine. Un kilogramme de feuilles de vigne contient 16 grammes de sucre de canne et 17,5 grammes de glucose etc., sucre de canne et glucose apparaissant toujours ensemble dans les plantes, mais la proportion relative variant suivant la présence des différents acides organiques.

Voici, à titre d'exemples, les quantités de sucre trouvées dans certains fruits :

	Sucre de canne %	Glucose %
Ananas	11,33	1,98
Fraise	6,33	4,98

	Sucre de canne %	Glucose %
Abricot	6,04	2,74
Banane mûre	5,00	10,00
Pomme	5,40	13,00

On trouve aussi du sucre dans les noix, les citrons, les figues, les melons, les châtaignes, les feuilles de trèfle, les oignons, les oranges, etc., mais non en quantité suffisante pour l'extraction.

On sait que le miel était employé comme adoucissant avant le sucre, et dans ce cas le sucre était un produit indirect des fleurs de beaucoup de plantes.

La substance adoucissante la plus ancienne est sans aucun doute le " sucre de palme „ des Indes. Elle est appelée " Jaggery ou Sharkari „ et est extraite du suc des palmiers tels que le *Phœnix sylvestris*, le cocotier, l'*Arenga saccharifera*, etc.

Les palmiers à sucre sont plantés en rangées dans un terrain sec et fertile et produisent de la cinquième à la trentième année. La récolte commence en novembre et se termine en février. Une fente triangulaire d'un pouce de profondeur et de six pouces de long est pratiquée au-dessous de la branche la plus basse ; un bambou creux est fixé au coin inférieur de l'entaille et débouche par son autre extrémité dans un récipient en terre.

Le lendemain avant le lever du soleil, le récipient contient une solution faible mais très douce de sucre de canne. Après trois jours de saignée l'arbre a besoin de repos. Le liquide est réduit par cuisson dans des poêlons en terre, puis il est placé dans des récipients plats, faits avec des feuilles de palmier, et séché au soleil. La production annuelle totale s'élève à 50 000 tonnes.

Dans les climats tempérés de l'Amérique du Nord c'est l'érable *(Acer saccharinum)* qui produit le sucre. La récolte se fait au commencement du printemps, après la disparition de la neige et quand les feuilles poussent. Elle ne peut être continuée pendant plus de cinq à six semaines. On fore dans le tronc des trous de trois pouces de profondeur et on y fixe l'extrémité d'un tuyau qui débouche dans un récipient. Le suc s'écoule librement pendant plusieurs heures, tarit, puis recommence à couler. C'est après des nuits froides ou des journées de soleil que l'arbre produit la plus forte quantité ; elle peut s'élever à douze quarts.

Le suc est évaporé et, après écrémage, mis dans des moules carrés. La fabrication du sucre d'érable a d'abord été faite par les Indiens, spécialement par les Delawares.

Avant l'arrivée des Espagnols au Mexique et au Pérou, les

indigènes fabriquaient du sucre avec du maïs. La plante était comprimée et le suc était concentré et refroidi. A Toluca (Mexique) cette fabrication se fait encore, mais dans un but spécial : on laisse le suc subir une fermentation et après distillation on en fait le " Pulque de Mahis ", une boisson bien connue. Le meilleur grain contient de 10 à 12 p. c. de sucre.

Le Sorgho (*Sorghum saccharatum*), originaire de l'Afrique centrale, était connu des anciens Romains. En Chine le sorgho est cultivé depuis les temps les plus reculés, et le jus y est employé directement ou distillé en boisson. Dans l'ouest de l'Inde le sorgho a été cultivé, une factorie a même été établie et a fonctionné pendant plusieurs saisons.

Au xve et au xvie siècles la racine de réglisse a été utilisée pour la fabrication du sucre. D'après Ibn-al-Awan, les Arabes condensaient le jus du raisin dans des casseroles en cuivre et après clarification faisaient cristalliser le sucre dans des plats en terre. Cette industrie revécut après l'édit de Napoléon Ier offrant une prime de 20 000 francs à la première fabrique de sucre de raisin qui en produirait en quantité. Cinq cents livres de raisins donnent cent livres de sirop, soit soixante-dix livres de sucre brut ou cinquante-cinq livres de sucre raffiné.

Le *Ceratonia siliqua* a été employé en Afrique et en Arabie comme succédané du sucre.

Le jus du *Betula alba* a été employé pour la production du sucre en Scandinavie, en Écosse, en Irlande, de même que celui de l'*Asclepias gigantea*. On a essayé d'en extraire des melons à sucre en Russie, en Californie et en Hongrie. Le malt a aussi été proposé, mais tous ces procédés n'ont qu'un intérêt historique et deux plantes restent la source de production industrielle : la canne à sucre et la betterave.

La canne est la plus ancienne source de sucre industriel, elle est peut-être originaire des bords du fleuve Indus. Elle aurait été signalée par Nearchos, un des généraux d'Alexandre le Grand qui aurait vu " les indigènes produire du miel et une substance blanche et douce avec une canne rouge ". De l'Inde elle fut importée dans l'Euphrate, puis en Égypte, dans l'île de Chypre, dans le nord de l'Afrique, en Espagne, dans les Canaries et, de là, en Amérique où elle fut introduite par Christophe Colomb.

La betterave sucrière se développe à l'état spontané sur les bords de la Méditerranée et de la mer Caspienne, en Mésopotamie et dans les Indes Orientales. Elle s'est répandue par toute l'Europe. En 1747, le chimiste allemand Marggraf produisit le

premier sucre de betteraves et signala cette découverte dans un rapport présenté à l'Académie des Sciences de Berlin. En 1786, Achard, un des élèves de Marggraf, cultiva des betteraves pour la production du sucre et établit la première fabrique de sucre de betteraves, dont le rendement s'éleva dès le début à seize cents livres de sucre brut.

La démonstration du rôle important que le sucre joue dans l'alimentation de l'homme n'est plus à faire. Il est prouvé que le sucre augmente notablement la résistance à la fatigue, et plusieurs pays l'ont introduit avec succès dans la ration des soldats soumis à des efforts soutenus.

On obtient le meilleur résultat en ingérant le sucre par petites quantités et en le dissolvant dans un peu d'eau ; la quantité à absorber varie de cinq à quinze grammes à prendre toutes les dix minutes pendant la durée de l'exercice musculaire.

É. D. W.

CHIMIE

—

Recherche et dosage de faibles traces d'arsenic. — M. Armand Gautier, le savant professeur de Chimie de la Faculté de Médecine de Paris, vient de publier (1) une série de recherches sur la présence de l'arsenic dans différentes substances minérales et dans l'organisme animal. Comme cette question n'est pas sans intérêt, à différents points de vue, nous allons résumer brièvement ces travaux.

La question de savoir si le corps humain renferme normalement de l'arsenic s'était déjà posée à différentes reprises, lorsque, en 1841, l'Académie des Sciences de Paris nomma une commission de quatre chimistes, J. Thenard, J.-B. Dumas, Boussingault et V. Régnault, pour étudier ce problème. Les noms seuls de ces savants nous disent assez quelles garanties d'exactitude leur rapport devait présenter et de quelle autorité il devait jouir. Leur conclusion fut négative : il n'y a d'arsenic ni dans le corps humain ni dans l'organisme animal en général ; et l'on crut cette conclusion définitive. Mais voici que cinquante-

(1) Bulletin de la Société chimique [3], t. XXIX, pp. 863, 913 et suiv.

huit ans plus tard M. A. Gautier reprenant ces mêmes recherches arrive à une conclusion diamétralement opposée. Il trouve que l'arsenic fait partie constituante de l'organisme animal ; mais tandis qu'il constate sa présence en quantités, faibles sans doute, mais sûrement appréciables, dans certains organes, d'autres lui ont semblé en être privés.

Les conclusions de M. Gautier ont soulevé une opposition vive de la part d'un certain nombre de savants dont les recherches personnelles concluaient plutôt à l'absence de l'arsenic. Parmi les nombreux chimistes qui entreprirent à cette occasion de nouvelles études à ce sujet, la plupart cependant confirmèrent les résultats publiés par M. Gautier ; l'un d'entre eux même, M. G. Bertrand, arriva à la conclusion que l'arsenic existe dans tous les organes des animaux, et que sa présence y est nécessaire à la cellule vivante. En se prononçant ainsi M. Bertrand dépasse de loin les idées de M. Gautier. Aussi ce dernier résolut-il d'entreprendre une nouvelle série de recherches en s'entourant de toutes les précautions possibles. Il s'agissait d'éviter une double cause d'erreurs : il fallait d'abord veiller à éviter toute perte d'arsenic dans le cours de l'analyse, et d'autre part prendre des soins minutieux pour ne pas en introduire, en n'employant que des réactifs absolument purs de la substance recherchée.

Nous ne pouvons exposer ici les méthodes employées par le savant chimiste soit pour se procurer des réactifs complètement dépourvus d'arsenic, soit du moins pour déterminer rigoureusement leur teneur en cet élément, afin de pouvoir ensuite calculer la quantité d'arsenic introduite au cours des réactions. Nous nous bornerons à enregistrer le résultat final de quelques déterminations :

Dans 100 gr.	de viande de bœuf	on a trouvé	0,0006	mgr.	d'arsenic ;
„ 100 „	de chair de grondin (poisson)	„	0,0060	„	„
„ 100 „	de jaune d'œuf de poule	„	0,0004	„	„
„ 1 litre	de lait	„	0,0008	„	„

Il s'agit, on le voit, de quantités d'arsenic extrêmement faibles ; néanmoins ces analyses semblent mettre absolument hors de doute la présence du métalloïde dans les êtres organisés. La chair des poissons marins semble être relativement plus riche en arsenic, ce qui s'explique aisément par la présence de cet élément dans l'eau de mer, où on l'a évalué à 0,01 mgr. par litre. Naturellement cette teneur en arsenic n'est pas la même dans

tous les parages de l'océan ; elle est notamment plus forte dans les districts volcaniques.

Comme conclusion des nombreuses recherches de M. Armand Gautier, il faut donc admettre que l'arsenic se trouve dans beaucoup de parties des êtres organisés, mais en quantités très faibles et d'aillenrs fort variables. Tandis que 100 gr. de viande de bœuf n'ont fourni que 0,0006 mgr. d'arsenic, 100 gr. de corne en renfermaient 0,033 mgr. Quant à l'affirmation ultérieure de M. G. Bertrand que cet élément fait partie de toute cellule vivante, M. Gautier n'a pu la confirmer, et elle reste, jusqu'à preuve nouvelle, peu probable.

Sur la nature chimique des charbons naturels. — La véritable composition des différentes sortes de charbons naturels, anthracite, houille, lignite, nous est encore fort mal connue. Beaucoup de géologues (1) attribuent même toute la différence entre ces diverses espèces à leur âge relatif, c'est-à-dire au temps qu'ont eu ces charbons pour se former. L'analyse élémentaire établit sans doute une différence entre le lignite et la houille : c'est ainsi qu'on trouve dans le lignite en moyenne environ 70 p. c. de carbone, 5 1/2 p. c. d'hydrogène et 24 p. c. d'oxygène et d'azote, alors que la houille renferme en moyenne 83 p. c. de carbone, 5 p. c. d'hydrogène et 12 p. c. d'oxygène, mais cette donnée elle-même ne suggère-t-elle pas l'idée de l'identité d'origine et une différence uniquement dans la durée de leur formation ?

MM. E. Donath et Fr. Bräunlich exposent dans la Chemiker Zeitung (2) une série de recherches qu'ils ont entreprises en vue d'élucider la relation qui relie le lignite et la houille. Ces recherches et leurs résultats méritent d'être connus. Le réactif dont l'influence sur les différentes sortes de charbon a été étudiée est l'acide azotique dilué. En chauffant au bain-marie du lignite avec cet acide dans un ballon on constate, vers 70° C., un abondant dégagement de gaz et de vapeurs qui continue pendant plusieurs heures. En même temps, grâce à la chaleur de réaction, la température du mélange monte graduellement jusqu'à l'ébullition du liquide. Les produits gazeux qu'on recueille se composent principalement d'anhydride carbonique, d'oxydes azoteux et

(1) Voir Credner, *Elemente der Geologie*, 7. Aufl., p. 272. — J. Roth, *Allgemeine und chemische Geologie*, Bd. II.

(2) Chemiker Zeitung, 1904, n° 16, p. 180.

azotique et d'acide cyanhydrique. Quand la réaction, c'est-à-dire l'oxydation du lignite, est achevée, il reste dans le ballon un liquide qui, après l'élimination du charbon par filtration, présente la couleur rouge intense d'une solution saturée de bichromate de potassium, et dont l'odeur rappelle l'acide acétique. Ce liquide renferme principalement de l'acide oxalique. Un examen attentif des produits gazeux et du liquide apprend, du reste, que les produits formés par l'action de l'acide azotique dilué sont nombreux et, en partie du moins, fort complexes. Mais ces substances organiques sont instables et donnent par leur décomposition les différents corps que nous venons de mentionner. Remarquons-le : les auteurs ont examiné par la même méthode des lignites d'origine diverse et d'aspect fort variable ; or, pour tous, le résultat était à peu près le même. Tout autre fut l'action de l'acide azotique dilué sur la houille. A la température du bain-marie, aucune réaction ne se produisit, alors que le lignite, dès 70°, avait fourni une réaction violente. Si alors on échangeait le bain-marie contre un bain de sable et si l'on poussait la température, on obtenait enfin un dégagement faible de gaz carbonique et de vapeurs nitreuses : les autres produits nombreux qui se manifestaient dans l'attaque du lignite ne se manifestaient pas ici.

Pour expliquer cette manière tellement différente dont le lignite et la houille se comportent vis-à-vis de l'acide azotique dilué, MM. Donath et Bränulich jugèrent bon de faire quelques essais comparatifs avec d'autres substances. C'est ainsi qu'ils trouvèrent, entre autres, que ni la cellulose pure, ni la cellulose calcinée lentement dans un creuset couvert n'agissent sur l'acide dilué comme le fait le lignite. Le bois de pin ne montre pas non plus cette réaction, alors que le bois de hêtre présente dans son action la plus grande analogie avec le lignite.

En soumettant toutes les données de leurs expériences à une discussion critique, les auteurs arrivent aux conclusions suivantes : le lignite et la houille diffèrent totalement l'un de l'autre par leur caractère chimique ; le lignite ne se transformera en houille ni par une plus longue durée de la carbonisation, ni par un métamorphisme de contact : la composition chimique de la matière première de la houille est essentiellement différente de celle du lignite. Ces conclusions tirées d'observations chimiques sont, du reste, confirmées par certaines données d'ordre géologique.

Recherches sur la nature toxique de la fumée du tabac. — La vogue du tabac à fumer ne pouvait manquer d'amener les chimistes à s'occuper de l'analyse de la fumée du tabac. Aussi nos connaissances à ce sujet se sont-elles successivement enrichies, et actuellement on connaît à peu près complètement tous les produits qui se forment lorsqu'on fume une des nombreuses variétés de tabac qui se rencontrent dans le commerce. Parmi ces substances, les plus importantes sont : la nicotine et ses produits de décomposition, notamment des bases pyridiques, l'ammoniaque, la méthylamine, l'hydrogène sulfuré, l'acide cyanhydrique, l'acide butyrique, l'anhydride carbonique, l'oxyde de carbone, la vapeur d'eau, des essences et des matières goudronneuses et résineuses. Les produits, on le voit, sont nombreux, et beaucoup d'entre eux, par exemple la nicotine, l'acide cyanhydrique, l'oxyde de carbone, et d'autres sont des poisons redoutables. On comprend, dès lors, combien il est facile aux adversaires du tabac de crier au danger auquel s'expose le fumeur. Heureusement ce danger est plus apparent que réel.

Et tout d'abord des recherches très exactes de Rich. Kissling ont établi dans quelles proportions ces substances toxiques se trouvent dans les différentes variétés de tabac. C'est ainsi que l'hydrogène sulfuré et l'acide cyanhydrique s'y trouvent en quantités tellement faibles que leur influence sur l'organisme semble négligeable. Quant à l'oxyde de carbone, déjà Le Bon avait trouvé qu'il ne dépassait guère 0,01 p. c. du volume total de la fumée. L'influence même de ces faibles doses est encore diminuée par l'extrême volatilité de ces substances. Grâce à elle, la quantité de ces poisons qui pénètre réellement dans l'organisme est absolument inoffensive.

Mais il n'en est pas de même de certains autres produits qu'on rencontre aussi dans la fumée, notamment de la nicotine et des essences qui sont moins volatiles. Une partie, il est vrai, de ces substances est retenue dans le culot de la pipe ou le bout de cigare non fumé. En effet, pendant que la combustion progresse, les substances que nous venons de mentionner traversent et imprègnent en grande partie le tabac ou la partie du cigare non encore entamée, et c'est ainsi que cette portion s'enrichit de plus en plus, en protégeant le fumeur de ces produits nuisibles. Il était cependant tout naturel de chercher un moyen propre à éliminer ces produits toxiques le plus possible de la fumée ; aussi les recherches faites dans ce but par M. le professeur

H. Thomas (1) présentent-elles un intérêt spécial. Des essais de ce genre avaient été déjà faits auparavant, mais avec peu de succès. On avait essayé d'extraire la nicotine préalablement des feuilles de tabac ; seulement on s'aperçut bien vite, qu'en éliminant ainsi la nicotine on enlevait du même coup au tabac les substances qui lui communiquent son arome ; un tabac ainsi préparé devient paille hachée pour le fumeur. Du reste, même la fumée des cigares exempts de nicotine renferme encore des produits toxiques. M. Thomas ne prétendait donc pas écarter absolument toutes les substances qui, prises en quantités considérables, pourraient devenir toxiques, pour ne laisser respirer au fumeur que de la vapeur d'eau et du gaz carbonique. Ce qu'il cherchait c'était un filtre pour la fumée, formé d'une matière telle que l'ouate ou l'amiante, imprégnée d'une substance chimique capable de retenir la nicotine, l'acide cyanhydrique et l'hydrogène sulfuré, tout en étant elle-même inoffensive et incapable de se volatiliser et par suite d'être absorbée et de changer l'arome du tabac.

Après plusieurs essais M. Thomas s'arrêta définitivement à l'arrangement suivant : un tube en verre élargi en haut — présentant donc à peu près la forme d'un porte-cigare — pénétrait dans un flacon de Woulf à deux tubulures; celui-ci communiquait avec un autre flacon semblable relié lui-même à une petite trompe. Le tube porte-cigare contenait de l'ouate imprégnée d'une solution de chlorure ferrique mélangé d'un peu de chlorure ferreux, et desséchée ensuite. Dans les flacons de Woulf on avait mis une solution de soude caustique, destinée à retenir des substances non absorbées par l'ouate. C'est dans ces conditions que M. Thomas fit fumer à son appareil des cigares d'une qualité connue. Voici les résultats de nombreuses expériences :

La plus grande partie de la nicotine, soit 77,8 p. c., ainsi que des produits de décomposition de cet alcaloïde, également toxiques, étaient retenus par l'ouate imprégnée des chlorures de fer. L'ammoniaque était également absorbée à peu près complètement, exactement les 86,11 p. c. de ce gaz contenu dans la fumée. La teneur de celle-ci en acide cyanhydrique, déjà très faible, était encore diminuée considérablement. L'hydrogène sulfuré et l'huile volatile fort toxique qui se forme également lorsqu'on fume du tabac sont complètement retenus par la masse

(1) Chemiker Zeitung, 1904, nº 1, p. 1.

absorbante. On le voit, les essais de M. Thomas indiquent une méthode qui, rendue pratique dans son application, pourrait avoir beaucoup de succès.

H. D. G., S. J.

PHYSIQUE

RAYONS N — RAYONS N_1

Où allons-nous ? Quand en finira-t-on !

Cette exclamation jaillit d'elle-même de la bouche de tous ceux qui, même de loin seulement, s'intéressent aux questions de la Physique. Et qui donc aujourd'hui ne s'intéresse pas à ce mystérieux Radium et à ses congénères ? Qui ne connaît, en gros du moins, son multiple rayonnement ? Et l'on se dit : des rayons ! On en découvre tous les jours de nouveaux ! Nous avons les rayons cathodiques, les rayons X, les rayons S, les rayons T et voici maintenant les rayons N et les rayons N_1 !

Un peu irrespectueusement, on s'est demandé si les physiciens ne passaient pas par une crise de radiomanie.

La situation est tout autre. Ces rayons nouveaux, les physiciens ne les cherchent pas. Ils les rencontrent, d'ordinaire, sans les avoir trop prévus. S'ils en découvrent partout, c'est que l'observation s'est affinée à l'étude des premiers découverts. Elle a multiplié, perfectionné ses procédés d'examen. Elle s'est ouvert un monde inexploré. Quoi d'étonnant qu'on s'y trouve à chaque pas en face d'agents inconnus jusqu'ici ? Les rayonnements nouveaux envahissent donc la Physique ; invasion révolutionnaire, troublante, mais de ce trouble délicieux, passionnant qu'engendre le mystère, et auquel on veut, on espère ravir son secret !

Tout ce mouvement tire son origine de la découverte de Röntgen. Les rayons X sont la parcelle de levain qui fait fermenter toute la masse de la Physique.

Nous voudrions résumer ici brièvement les derniers événements dans ce domaine.

Notre travail est considérablement facilité par la synthèse remarquable que Marcel Ascoli, préparateur à la Sorbonne,

vient d'écrire dans la Revue générale des Sciences du 15 mars dernier. Nous n'aurons guère qu'à suivre cet exposé dans ses grandes lignes. Le lecteur désireux d'étendre ses connaissances sur ce sujet si intéressant, ou mieux d'essayer la répétition des expériences sur les nouveaux rayons, voudra bien se reporter au détail très minutieux que l'auteur a donné de la disposition des appareils, de leur réglage et des procédés d'observation.

Les **rayons N** ont été découverts par Blondlot, professeur à l'Université de Nancy, et c'est en l'honneur de cette Université que l'inventeur a choisi pour désigner les nouveaux rayons la lettre N, initiale du nom de la ville où elle a son siége. Les principaux continuateurs de Blondlot, Bichat, Charpentier et Gutton, professent à la même Université.

Récemment (1902) Blondlot a réussi à mesurer la vitesse des rayons émis par les ampoules à rayon X. De multiples caractères de ces rayons conduisent à voir dans les rayons X des vibrations de l'éther, analogues à celles de la lumière. Si cette interprétation est exacte, la vitesse des rayons X doit être égale à celle de la lumière, soit 300 000 kilomètres à la seconde. L'expérience confirma ces vues pour les rayons étudiés.

Les vibrations de l'éther peuvent être polarisées, c'est-à-dire orientées suivant une direction commune. Il était hautement intéressant de rechercher s'il en est ainsi des vibrations de l'éther qui constituent les rayons X. Blondlot observa que le dispositif même imaginé par lui pour mesurer la vitesse des rayons X était peut-être capable de ce second problème.

Voici en deux mots le principe de la méthode. Représentons par trois points : 1° le centre C de la calotte concave d'un tube à rayons X qui, reliée au pôle négatif de la bobine de Ruhmkorff, émet les rayons cathodiques ; 2° le centre X de la lame *focus* où le rayon cathodique central produit par son choc des rayons X qui divergent de tous côtés ; 3° le point O de l'espace où nous voulons observer le rayon X qui part du centre X du focus vers ce point O, autrement dit, le rayon X qui se propage suivant la droite XO. Ces trois points non en ligne droite définissent un plan COX que, pour préciser, nous identifierons avec le plan de la présente page. Si le rayon XO est polarisé, les propriétés des rayons X se manifesteront dans ce plan COX avec une certaine intensité caractéristique de ce plan.

Reste à choisir une propriété des rayons qui puisse dépendre d'une orientation spéciale par rapport à ce plan, et dont le

récepteur puisse servir d'*analyseur* de la vibration. Or on sait que les rayons X rendent l'air conducteur sur leur passage et, par suite, facilitent la décharge entre deux pointes amenées par le jeu d'une machine électrique à une différence de potentiel suffisante. Si la vibration XO est orientée d'une façon constante, il y a tout lieu de croire que cette propriété de décharge entre deux pointes sera plus manifeste pour une certaine orientation de cette vibration par rapport à la ligne des pointes, c'est-à-dire à la direction de l'étincelle ; par exemple, elle sera peut-être maximum quand la vibration sera parallèle à l'étincelle. Pour cette position relative, l'étincelle de décharge éclatera plus facilement ou, ce qui revient au même, elle sera plus nourrie que dans toute autre position. L'étincelle pourrait donc jouer le rôle d'analyseur de la vibration X.

Telles furent les déductions de Blondlot et le professeur de Nancy eut la satisfaction de trouver que, en effet, l'étincelle se montre plus éclatante quand elle se produit dans le plan CXO, tandis qu'elle est minimum quand elle éclate perpendiculairement au plan CXO. Il en conclut que les rayons X émis par un focus sont polarisés.

Le résultat fut accueilli avec le plus vif intérêt. C'était justice. Mais, chose curieuse, les rayons X n'étaient pas en cause. Blondlot ne tarda pas à s'en apercevoir dans les recherches ultérieures.

Le quartz, le sucre, le mica interposés sur le passage d'un rayon *lumineux* polarisé ont la singulière propriété de faire tourner la vibration lumineuse relativement à sa direction primitive. Blondlot trouva que le rayon XO subissait la même action au passage à travers ces substances.

Mais alors les analogies optiques conduisaient à considérer le rayon XO comme susceptible de réfraction et de réflexion. Et, en effet, vérification faite, le rayon XO est dévié par un prisme et réfléchi par un miroir.

Conséquence : le rayon XO, émis par la lame focus en même temps que les rayons X, n'est pas lui-même un rayon X ; car c'est là une des propriétés les mieux établies, constatées déjà par Röntgen : les rayons X se refusent à toute déviation par réflexion ou par réfraction.

Qu'était-ce donc alors que ce rayon XO ? de la lumière ordinaire ? Quelle déception alors ! Mais non ! car XO traverse des substances opaques pour la lumière ordinaire (papier noir, bois, aluminium) ; d'autre part, il n'excite pas comme elle la fluorescence et n'impressionne pas les plaques photographiques.

Blondlot avait donc découvert une nouvelle espèce de rayons. Il les appela rayons N.

Les tubes à rayons X ne sont ni les seules ni les meilleures **sources de rayons N.** La plus fréquemment utilisée par le professeur de Nancy et ses continuateurs est la lampe Nernst de 200 watts (1). Le manchon Auer, le bec de gaz annulaire, une lame métallique — en argent, par exemple — chauffée au rouge naissant, l'arc électrique sont également employés. La plus intense est le Soleil.

L'**observation** se fait en chambre noire parfaitement close. Les radiations étudiées pénètrent dans cette chambre par une fenêtre pratiquée dans un volet de tôle, substance opaque aux rayons N. La fenêtre elle-même est fermée par une lame d'aluminium qui arrête la lumière ordinaire mais laisse passer les rayons N.

Nous aurons souvent à indiquer l'emploi d'**écrans opaques** aux nouveaux rayons. Nous avons cité à l'instant la tôle. Ajoutons, sans préciser autrement pour l'instant, l'eau *pure* — une simple feuille de papier à cigarettes mouillée est un écran parfait — le nickel, une feuille de plomb *ordinaire*, une planche de bois *recouverte de céruse*, etc.

Révélateurs ou **réactifs des rayons N.** L'*étincelle électrique*, mentionnée ci-dessus, est d'un emploi fort délicat. Elle doit être très régulière, peu éclatante et cependant stable. Une petite *flamme de gaz* de 1 mm. environ de longueur devient également plus lumineuse sous l'influence des rayons N. On emploie aussi un fil ou une lame mince de platine chauffés au rouge sombre, soit par un courant, soit par une petite flamme de gaz. La variation d'éclat de ces divers détecteurs s'observe plus facilement quand, au lieu de les regarder directement, on interpose une lame de verre dépoli.

A ces divers réactifs, Blondlot préfère souvent le *sulfure de calcium* rendu phosphorescent par insolation. Sur un écran de carton ou de papier noir, on dessine, avec le sulfure en couche mince, diverses figures telles que : une série de petites taches circulaires (diam. 6 mm.) peu éloignées l'une de l'autre (2 mm.) ; deux pointes très aiguës en regard. Charpentier aime à utiliser

(1) Voir cette REVUE, juillet et octobre 1903. *Électrotechnie.*

comme récepteur un bouchon de liége couvert de sulfure et qu'il observe au travers d'un verre dépoli.

Les corps non incandescents mais *faiblement éclairés* par une source extérieure, réagissent aussi sous les radiations N. Ainsi, une bande de papier blanc (16 mm.), très étroite (2 mm.), est faiblement éclairée dans une salle obscure ; des rayons N viennent-ils à lui être envoyés, son éclat augmente, de même que la netteté de ses contours.

Pour localiser avec précision un faisceau de rayons N, on emploie avec succès une fente très étroite, pratiquée dans un carton mince, et dans laquelle on a tassé du sulfure de calcium.

Les phénomènes inteuses s'observent très facilement sur un écran de sulfure (3 à 4 cm. carrés de surface) dont on masque une partie par un objet à bords très nets. A une certaine distance de l'écran, l'observateur, dans l'obscurité de la chambre noire, ne perçoit plus qu'indistinctement les contours de cet objet. Si l'on fait tomber alors des rayons N sur l'écran, la netteté revient.

Ces procédés d'observation sont à l'abri d'une objection qui se présente naturellement à l'esprit. Les augmentations d'éclat de l'étincelle, de la flamme, du platine incandescent, du sulfure de calcium, ne sont-elles pas dues à un effet thermique de la source étudiée ? Non; Blondlot a pu le vérifier avec beaucoup de précision au moyen de la pile thermo-électrique de Rubens, ou encore par l'invariabilité de la résistance électrique du fil détecteur quand on le soumet à l'action des rayons N.

Mais il importe de dire ici que l'observateur voit parfois l'éclat du sulfure de calcium augmenter *spontanément*, dans des proportions très notables. C'est, dit-on, inaccoutumance à l'obscurité, fatigue de l'œil, effort trop grand. Et l'on ajoute qu'il convient de regarder *un peu vaguement*, sans fixer l'écran. D'autre part, l'œil paraît plus sensible aux diminutions qu'aux augmentations d'éclat.

Un doute surgit donc. Et cette remarque nous amène tout naturellement à exposer les réflexions de Lummer au sujet de ces méthodes d'observation (1).

Dans toutes les expériences indiquées jusqu'ici, Blondlot n'a

(1) O. Lummer, *Beitrag zur Klärung der neuester Versuche von R. Blondlot über die N-Strahlen.* Physik. Zeitschrift, t. V, pp. 126-128, 1904, 1 mars.

mis en œuvre que des procédés d'observation subjective, c'est-à-dire que l'observateur conclut à l'action et, par suite, à la présence des rayons N dans telle ou telle circonstance, sur la foi d'une sensation visuelle, disons mieux, sur la conscience qu'il a d'une *modification* de sensation visuelle, augmentation ou diminution d'éclat.

Immédiatement une question se pose : admettons que cette modification de la sensation dépende nécessairement d'une modification dans l'organe, on peut encore se demander si la modification de l'organe, à son tour, présuppose nécessairement une modification correspondante *dans l'objet extérieur*. On conclut du premier au second. Est-ce à tort ou à raison ? Y a-t-il réellement augmentation ou diminution d'éclat de l'objet observé, ou bien le sujet est-il victime d'une illusion quand il attribue à une cause extérieure sa modification interne ? Autrement dit, le phénomène observé n'est-il pas purement subjectif ?

La réponse à ce doute ne peut pas être catégorique de tout point. Les partisans les plus décidés de l'objectivité des rayons N nous ont averti eux-mêmes que l'observateur est exposé à l'illusion. Ils avouent très volontiers que ces recherches sont fort délicates. Les insuccès d'ailleurs d'un bon nombre de savants français ou étrangers, qui s'efforcèrent de répéter les expériences de Blondlot et de ses émules, prêchent très haut la prudence sinon la défiance.

Lummer insiste sur ce fait, que toute une série des apparences attribuées par Blondlot, Charpentier et autres aux rayons N, s'observent *sans intervention d'une source quelconque* considérée comme rayonnante et par le seul jeu de l'organe visuel. Ces phénomènes de variation d'éclat d'une petite plage faiblement lumineuse rentrent, en effet, dans une classe de faits étudiés depuis plusieurs années par les physiciens physiologistes et trouvent leur explication complète dans les fonctions opposées des deux éléments constitutifs de la membrane rétinienne, les cônes et les bâtonnets. Il convient d'esquisser ici cette doctrine.

La structure histologique de la membrane qui tapisse le fond et les parties latérales de l'œil, et qui, épanouissement du nerf optique, forme l'organe sensible de l'appareil visuel, est connue de longue date. Les terminaisons de ce nerf s'y présentent sous deux formes distinctes. En raison de leur configuration, les unes sont appelées *cônes*, les autres, petits corps prismatiques, sont nommés *bâtonnets*. A leur extrémité tournée vers l'intérieur de l'œil, les bâtonnets portent une substance pigmentaire rouge,

dite *pourpre rétinien*. La distribution de ces deux sortes d'éléments est loin d'être la même sur toute la surface de la rétine. Une dépression de la couche nerveuse, située en sa région centrale et correspondant à l'entrée du nerf optique, est totalement dépourvue de bâtonnets. Dans cette *fosse centrale*, on ne trouve que des cônes. Le reste du tapis rétinien offre les deux éléments, cônes et bâtonnets, mais avec prédominance des bâtonnets vers les bords de la membrane nerveuse.

Or les fonctions physiologiques de ces éléments distincts ont été définies avec exactitude par les travaux récents des physiologistes : elles diffèrent à l'égal de leurs formes. Pour préciser les rôles des cônes et des bâtonnets, on nous demande de faire, au sujet de l'agent lumineux, une distinction qui, à première vue, paraît quelque peu métaphysique. Dans le rayon de lumière, nous aurions deux choses : d'une part la clarté, d'autre part la couleur. Les cônes réagissent à l'excitation " couleur „ ; les bâtonnets au contraire, insensibles à la diversité des couleurs, sont impressionnés par la " clarté „ et leur sensibilité s'exalte à un haut degré dans l'obscurité. Cela posé, que se passe-t-il quand nous observons, en chambre noire, une lamelle de platine dont la température s'élève lentement sous l'action d'un courant électrique ?

Grâce à l'activité de nos bâtonnets, activité exaltée par l'obscurité, nous percevons d'abord, non pas une couleur proprement dite, mais une sorte de gris : autrement dit, nous avons une impression de clarté dépourvue de couleur.

Autre fait. Quand nous cherchons à voir, d'une façon nette et précise, un objet, quand nous " fixons „ sur lui le regard, notre œil se dirige de telle sorte vers lui que son image tombe sur la *fosse centrale* : la *fosse centrale* est la région de la vision nette.

Cette dépression est de dimensions très restreintes. Qu'arrive-t-il si l'objet considéré est lui-même très petit ? Par exemple, au moyen d'un diaphragme, réduisons de beaucoup la surface de la lame de platine offerte à notre observation. Cette lame est, supposons-le, juste à la température du gris incolore (400° environ). Si notre œil est dirigé exactement vers cette petite plage grise, son image très petite, se formant dans la fosse centrale sans la déborder, ne réussit pas à exciter une réaction dans les cônes qui seuls s'y rencontrent. Nous n'y voyons rien. Mais, nous trouvant à la recherche d'une plage lumineuse, spontanément, inconsciemment, notre œil erre de côté et d'autre autour du

point intéressant. L'image sort ainsi de la fosse centrale et, voyageant sur la rétine, couvre les bâtonnets. Ceux-ci, très sensibles dans l'obscurité, perçoivent la faible clarté de l'objet. Mais l'image n'en est pas nette et ce manque même de netteté dans la vision ramène l'axe de l'œil vers l'objet indécis lequel, au moment où nous devrions mieux le voir, nous échappe de nouveau. Nous nous trouvons dans cette situation étrange de voir une chose que nous ne pouvons pas reconnaître distinctement. Nous nous sentons à la poursuite d'une sorte de feu follet, d'un spectre insaisissable.

Quiconque s'est quelque peu intéressé à l'observation du ciel étoilé a sûrement rencontré un phénomène tout semblable. Dans la queue de la *Grande Ourse*, dite encore le *Chariot*, auprès de ζ, qui est la seconde étoile à partir de l'extrémité de la queue, il s'en trouve une beaucoup plus petite, appelée le *Postillon* du Chariot. Beaucoup d'observateurs qui ne réussissent pas à la voir quand ils fixent sur elle le regard, l'aperçoivent très bien en regardant directement ζ sa voisine. Le même fait se retrouve plus marqué dans les *Pléiades*. Six des étoiles de ce groupe sont visibles aux yeux ordinaires sans le secours des lunettes. L'observation indirecte peut en faire reconnaître jusqu'à dix quand le ciel est pur.

Revenons à notre lame de platine. A une température un peu supérieure à 500°, les cônes entrent en activité et nous percevons, outre la clarté, la couleur. L'incandescence grise devient incandescence rouge.

La température s'élevant toujours (700° et au delà) nous voyons, en vision directe, un rouge clair qui se transforme, dans la vision indirecte, en un blanc spécial, incolore, appelé par les physiologistes *blanc des bâtonnets*, tandis que l'éclat de la lame de platine paraît considérablement accru.

Plusieurs expériences de Blondlot rappellent l'observation, décrite ci-dessus, de la lueur évanouissante. On observe dans l'obscurité une très petite surface, faiblement lumineuse, par exemple, la bande de papier. Avant de porter toute son attention sur cet objet, on le regardera avec une région extérieure à la fosse centrale, parce que l'œil, spontanément, cherche à recevoir le maximum de lumière. Cônes et bâtonnets ont chacun leur part à cette vision." Si maintenant on intercepte les rayons, dit Blondlot, en interposant une lame de plomb ou la main, on voit le petit rectangle de papier s'assombrir „, mais alors aussi, pour mieux observer le changement prévu, spontanément on fixera

très attentivement l'objet, et, par le fait même, on exclut de la vision les bâtonnets. La conséquence nécessaire est que, *par ce seul fait*, en dehors de toute action extérieure, la bande de papier paraîtra moins brillante, parce que le *blanc des bâtonnets* est supprimé. Mais fixer ainsi demande du temps et de l'effort. La diminution d'éclat prend donc un certain temps. Et c'est précisément ce qu'observe Blondlot dans ses expériences : " Toutes ces actions des rayons N sur la lumière exigent, dit-il, un temps appréciable pour se produire et pour disparaître ".

Lummer a soin d'ajouter que toutes les expériences de Blondlot ne peuvent pas être reproduites par ces procédés purement subjectifs et sans intervention d'une source de rayonnement. Il n'en est pas moins vrai qu'il était bon de signaler l'objection afin d'appeler sur tous les détails de ces recherches nouvelles et difficiles une critique rigoureuse et tout à fait scientifique.

Blondlot s'est du reste préoccupé de trouver des **effets objectifs** des nouveaux rayons. Mais ces rayons n'impressionnent pas les plaques photographiques ! Blondlot eut l'idée heureuse de photographier sur une même plaque, l'étincelle abritée contre ces rayons N et, à côté, la même étincelle soumise à leur action. Encore fallait-il que l'étincelle dans les deux cas fût bien la même. Pour lever tout doute à cet égard, on *croisa* les opérations, c'est-à-dire qu'à une pose relativement courte de l'étincelle non influencée devant une moitié de la plaque, on fit succéder une pose égale de l'étincelle renforcée devant l'autre moitié ; puis on revint à l'étincelle non influencée et, ainsi de suite, un grand nombre de fois. Si pendant ces opérations successives l'étincelle variait spontanément d'éclat, ces variations accidentelles devaient se répartir d'une façon sensiblement égale sur les deux séries et, par suite, restaient sans influence sur le résultat final. En fait, l'impression correspondant à l'étincelle renforcée est notablement plus énergique que l'autre.

Les expériences qui précèdent étudient le faisceau émis par la source de rayons N dans son ensemble. Mais déjà nous avons dit que les rayons se réfléchissent et se réfractent. Il était naturel de rechercher si le faisceau était d'une homogénéité absolue, formé d'une seule espèce de rayons à indice de réfraction identique, ou s'il était doué d'une complexité que les méthodes ordinaires de l'optique réussiraient à mettre en évidence.

Blondlot fit à ce sujet des recherches couronnées de succès. **Le faisceau N émis par la lampe Nernst est nettement dis-**

persé par un prisme d'aluminium en un spectre de huit bandes étroites. Les indices de réfraction relatifs à chacune de ces bandes ont été mesurés et varient de 1,04 à 1,85. Comme contrôle de ces résultats, Blondlot reprit les mesures d'indices par la méthode des distances focales d'une lentille en aluminium. De là, il passa à la mesure des longueurs d'onde par la méthode des réseaux, contrôlée à son tour par celle des anneaux de Newton. L'accord des chiffres obtenus en employant ces procédés différents est évidemment un argument très fort, sinon irrésistible, en faveur de l'objectivité des phénomènes.

Ce n'était pas assez d'avoir trouvé une nouvelle espèce de rayons. En étudiant le spectre N^{me} de la lampe Nernst, Blondlot découvrit que le faisceau émis renfermait des rayons qui au lieu d'exciter la luminosité du sulfure de calcium comme les rayons N, l'affaiblissaient au contraire. Il les appelle **rayons N_1**. Ceux-ci se trouvent exclusivement dans la région peu déviée du spectre, répartis en trois faisceaux séparés. Dans chacun des deux intervalles qu'ils laissent entre eux, il y a un faisceau de rayons N.

Relations entre les rayons N et la matière. Déjà nous avons donné quelques indications rapides sur la **transparence** et l'**opacité** de diverses substances à l'égard d'un faisceau complexe de rayons N. Mais on prévoit bien que, à l'égal de la lumière ordinaire, ces rayons subiront, de la part de certains milieux qu'ils réussissent à traverser, une absorption sélective, portant sur une ou plusieurs portions de leur spectre, variables avec la nature de la substance interposée. C'est ainsi que le verre rouge rubis à oxyde de cuivre absorbe tout le spectre lumineux visible à l'exception du rouge. Au contraire, l'argent en couche très mince est transparent aux radiations ultraviolettes voisines de $\lambda = 0,32$ microns.

A l'égard des rayons N, l'argent a également une transparence remarquable. Sous une épaisseur de 3 mm. il laisse encore passer *tout* le rayonnement N. L'eau *pure*, avons-nous dit, est tout à fait opaque : l'eau salée au contraire est parfaitement transparente. Le bois, le papier, le quartz, le sel gemme, le laiton, l'aluminium, etc... sont également transparents. Le verre est traversé dans une épaisseur de 1^m50.

Le plomb ordinaire est opaque en raison de la couche d'hydrocarbonate qui le recouvre toujours; si cette couche est enlevée, une lame de ce métal, épaisse de 0,1 mm., laisse passer trois des

faisceaux sur huit dans lesquels un prisme d'aluminium décompose le rayonnement N d'un filament Nernst. L'or, sous 2 mm. d'épaisseur, en absorbe quatre. D'autres substances, le cuivre, le verre, le zinc, etc... ont été étudiés par Bichat au point de vue de leur absorption sélective.

Nous avons signalé plus haut le retard avec lequel le sulfure de calcium manifeste ses variations de luminosité quand on le soumet au rayonnement N ou quand on l'y soustrait. Blondlot interprète ce fait par un **emmagasinement** des rayons dans le sulfure. Cette substance pour augmenter d'éclat a besoin d'absorber, au préalable, une certaine quantité de rayonnement. Si on supprime alors l'action de la source, le sulfure ne perd pas sur-le-champ son éclat renforcé, mais seulement peu à peu, les rayons emmagasinés continuant à épuiser leur énergie pendant un certain temps. Et cet effet est assez général. On le constate avec le quartz, le spath, le verre, un grand nombre de métaux : or, argent, cuivre, plomb ; l'eau salée, l'hyposulfite de sodium,... nombre de corps insolés : briques, cailloux, etc... deviennent ainsi des sources de rayons N. L'aluminium ne jouit pas de cette propriété d'emmagasinement.

Certaines substances transparentes aux rayons N manifestent encore une autre propriété très intéressante : elles sont douées d'un pouvoir de **conduction**, et cela aussi bien à l'égard des rayons N primaires ou produits par une source telle que la lampe Nernst, qu'à l'égard des rayons N secondaires émis par une substance qui les a emmagasinés. Soit, par exemple, un long fil de cuivre dont une extrémité est voisine de la source. A l'autre extrémité, on observe les phénomènes dus aux rayons N. L'argent, le verre, le plomb, d'autres substances conduisent aussi ces radiations : celles du moins pour lesquelles ces corps sont transparents.

Il semble que l'on se trouve ici en présence d'un phénomène analogue à celui des fontaines lumineuses dans lesquelles la lumière est *conduite* par les filets d'eau, grâce à des réflexions successives sur la surface intérieure de ceux-ci (Bichat). Les rayons N subiraient de même des réflexions sur les parois intérieures des fils de cuivre, etc... Et, en effet, ce n'est pas le milieu qui les transmet puisque le phénomène a lieu quand le fil est plongé dans l'eau pure dont l'opacité nous est connue. D'autre part, à la suite de certaines modifications destructrices de ce poli intérieur, les rayons N conduits jusqu'au point modifié s'échappent

à l'extérieur en ces points comme par une issue ouverte. Cela se présente notamment aux places où le fil aurait subi une oxydation notable ; à celles où il a été plié à angle aigu. Les courbures, au contraire, même multipliées, n'arrêtent pas la conduction.

La découverte de cette propriété est due à Charpentier qui y a trouvé un moyen simple, facile à imaginer, de se créer une source secondaire de rayons N constamment régénérée.

Nous sommes loin d'en avoir fini avec les **sources de rayons N** ; et c'est précisément un des caractères étranges de ce nouveau rayonnement qu'on le retrouve partout, non point, il est vrai, toujours absolument identique, mais avec des modifications qui paraissent plutôt légères.

Charpentier venait de reconnaître qu'un muscle tendu, un poing serré, agissait sur le sulfure de calcium. Blondlot conçut l'idée que ce n'était là que la manifestation d'une propriété générale et que **tous les corps à l'état contraint émettent des rayons N.**

Cette hypothèse est exacte : un objet quelconque de bois, de verre, de métal soumis à une pression acquiert ce qu'on pourrait appeler le pouvoir N^me^.

Mais les **corps trempés** (acier, verre) sont, en permanence, à l'état contraint. Aussi ont-ils le pouvoir N^me^, et ils le conservent pendant des siècles, sinon à perpétuité. Ainsi, un couteau mérovingien émet des rayons N par sa lame, tandis que sa soie, non trempée, est inactive.

Les **vibrations sonores** supposent des déformations dans un diapason, un timbre de cuivre... Ce sont autant de sources nouvelles. L'air lui-même, mis en vibration par une sirène, influence le sulfure de calcium (Macé de Lépinay).

Il n'y a pas jusqu'aux moindres variations ou défauts d'uniformité du **champ magnétique** qui ne produiraient des effets N^mes^ marqués (Gutton) ; de même encore un gaz liquéfié (anhydride carbonique liquide, air liquide) *parfois* le gaz provenant du liquide (air). Mais l'interprétation de ces derniers faits exige une étude plus approfondie.

Les **actions physiologiques** de l'organisme humain ou animal sont également productrices de radiations fort analogues aux rayons N (Charpentier). Un petit écran au sulfure de calcium augmente en luminosité dans le voisinage d'un muscle en contraction. Il permet, par exemple, de délimiter l'aire du cœur — sans constituer toutefois un moyen sensible d'observation cli-

nique. Un nerf ou un centre nerveux, surtout en activité — tel le centre de Broca, dans l'émission de la parole — se localise par le même procédé.

Un végétal influence l'écran de sulfure placé dans son voisinage, d'une manière d'autant plus intense que le travail physiologique est plus considérable (Ed. Meyer). Et il ne peut pas être question de rayons N emmagasinés, puisque cette activité se constate chez des végétaux entièrement développés à l'abri de ces rayons. Les graines germant en toute liberté ont plus d'énergie N^me^ libre que celles anesthésiées par le chloroforme.

La digestion d'une matière albuminoïde par un ferment soluble entraîne aussi l'activité N^me^.

Les radiations physiologiques sont *conduites* par un fil métallique et c'est même à l'occasion de leur étude que Charpentier fit la découverte de la conduction, propriété commune à toutes les nouvelles radiations.

Mais le rayonnement physiologique paraît plus complexe que le rayonnement N de Blondlot. En outre, les radiations nerveuses et musculaires ne sont pas identiques entre elles. On constate notamment des différences dans les pouvoirs pénétrants, dans les conditions d'émission. Autant de sujets encore à l'étude.

Par une sorte de réversibilité, l'**organisme**, que nous venons de voir émettre des radiations du genre N^me^, **se montre sensible à l'action des rayons de Blondlot.** Si l'œil regarde un objet faiblement éclairé, une petite bande de papier, il la voit plus brillante et plus nette quand on dirige des rayons N, non plus sur l'objet, mais sur l'œil lui-même. Il suffit à cet effet d'en approcher un objet trempé, tels un couteau, des larmes bataviques, ou de faire varier dans son voisinage un champ magnétique (Blondlot). — Autres faits : les rayons N semblent avoir une action excitante sur l'olfaction, la gustation, certains centres auditifs,... produire, dans certaines conditions définies, une dilatation pupillaire sensible (Charpentier).

Nous ne pouvons songer à prendre position dans le débat soulevé autour des rayons N. Laissons la parole à notre guide dans cette esquisse trop rapide de tant de faits nouveaux et étranges : " En résumé, conclut M. M. Ascoli, notre connaissance du spectre s'est enrichie, par la découverte de M. Blondlot, de radiations non lumineuses, dont les longueurs d'onde sont de l'ordre du centième de micron, et pour lesquelles il a indiqué

un certain nombre de détecteurs. La question est loin d'être achevée ; désireux de " débrouiller „ au plus tôt les principales propriétés de ces radiations, M. Blondlot a été de l'avant, négligeant sciemment nombre de questions qui, en cours de route, se présentaient à son esprit et qui devront être reprises... Il faut bien déclarer, en effet, que les expériences de M. Blondlot, quoique fort nettes pour ses visiteurs, sont délicates à reproduire... Il est désirable que la généralisation de résultats objectifs, tels que la photographie de l'étincelle en a fourni à M. Blondlot, permette à de nombreux savants de faire progresser cette intéressante étude.

„ Au point de vue physiologique, la question est, comme au point de vue physique, fort intéressante, mais, par essence même, elle est plus complexe. On est parvenu à obtenir une sorte d'extériorisation du travail cérébral, à manifester celui-ci par un phénomène physique ; d'autre part, on a constaté des actions fort curieuses des radiations nouvelles sur l'organisme. Cela explique le très grand retentissement qu'ont eu ces recherches, trop grand, sommes-nous tenté de dire, car ce peut être un malheur pour la science qu'une question scientifique soit trop tôt la proie d'esprits non scientifiques, qui dénaturent les faits, et en tirent d'extravagantes conclusions, au point de jeter le discrédit sur des travaux véritablement sérieux. „

On ne saurait parler plus sagement.

J.-D. Lucas, S. J.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE

—

Jacques Hadamard. — Leçons sur la propagation des ondes et les équations de l'Hydrodynamique (Cours du Collège de France). Un vol. grand in-8° de XIII-375 pages. — Paris, Librairie scientifique A. Hermann, 1903.

On trouvera une analyse détaillée de cet ouvrage, par M. P. Duhem, dans le Bulletin des Sciences mathématiques, deuxième série, t. XXVIII, janvier 1904, pp. 14-28.

A. H. Bucherer. — Elemente der Vektor-Analysis. Mit Beispielen aus der theoretischen Physik. Un vol. in-8° de 91 pp. — Leipzig, Teubner.

Exposé clair et méthodique des éléments essentiels du Calcul vectoriel avec de nombreuses applications aux problèmes de la Mécanique et de la Physique.

A. Broca. — La Télégraphie sans fils. Deuxième édition. Un vol. in-8° de x-234 pages. — Paris, Gauthier-Villars, 1904.

La première édition de cet excellent petit livre a paru en 1899. L'auteur le remet au point, sans en changer ni le plan, ni l'esprit. C'est un ouvrage de vulgarisation qui s'adresse au grand public et qui donne beaucoup plus que son titre ne semble promettre. On y trouve, exposées avec rigueur et clarté, beaucoup de notions délicates, dégagées de l'appareil mathématique qui les enveloppe habituellement. Voici les titres généraux de ses douze chapitres :

I. *Quelques mots sur la télégraphie par fils.* — II. *Modèle matériel de transmission d'énergie.* — III. *Comparaison des phénomènes électriques et des phénomènes matériels.* — IV. *Ondulations propagées et ondulations propres.* — V. *La production des ondulations rapides.* — VI. *Les récepteurs d'ondulations électriques.* — VII et VIII. *Propagation de l'induction dans les diélectriques.* — IX. *Condition pour l'imitation des phénomènes de l'Optique. Concentration des ondes. Rôles de l'antenne.* — X. *Les hautes fréquences. La syntonisation. La synchronisation.* — XI. *Disposition d'un poste. Utilité et désavantages de la télégraphie sans fils.* — XII. *Appendice sur la théorie de la propagation le long d'un conducteur.* Ce dernier chapitre seul est mathématique, mais il est accessible à ceux qui possèdent les éléments de l'analyse.

L'Index philosophique. Philosophie et sciences annexes. Publication de la Revue de Philosophie. Un vol. in-8° de x-345 pp. — Paris, C. Naud, 1903.

Cet index, dressé par M. N. Vaschide et le Dr Von Buschan, de Stettin, contient 4623 titres bibliographiques d'ouvrages et d'articles de Revues, relatifs à la philosophie et aux sciences annexes (biologie, neurologie, psychiatrie, sociologie, crime et pénalité) parus au cours de l'année 1902. Il forme le premier volume d'une bibliographie philosophique annuelle. La deuxième année contiendra les titres des ouvrages et articles de l'année 1903, avec une brève analyse de tous ceux qui intéressent plus particulièrement les philosophes.

TABLE DES MATIÈRES

DU

CINQUIÈME VOLUME (TROISIÈME SÉRIE)

TOME LV DE LA COLLECTION

LIVRAISON DE JANVIER 1904

—

LES TRAVAUX ET LA VIE DE PAUL HAUTEFEUILLE, par **M. G. Lemoine** 5

UGANDA ET EST-AFRICAIN, par **M. le Mis de Nadaillac.** . 26

LES DIMENSIONS DE L'UNIVERS, par **M. le Vte du Ligondès.** 71

SUR UNE TRIPLE ALLIANCE NATURELLE, par **M. G. Van der Mensbrugghe** 88

ALPHONSE PROOST. Discours de **M. le Vte G. Vilain XIIII.** 105

LE SANG, par **M. M. Lefebvre** 116

NÉCROLOGIE. — LE R. P. GUILLAUME HAHN, S. J., par le **R. P. J. Thirion, S. J.** 133

VARIÉTÉS. — I. *Les Confins de la Science et de la Philosophie au Congrès international de Philosophie de 1900*, par **M. G. Lechalas**. 140

II. *Le Commencement et la Fin de toutes choses, Science et Croyance*, par **M. C. de Kirwan** . 148

III. *La Perturbation magnétique du 31 octobre 1903*, par **M. O. Somville** 175

IV. *L'Art de bâtir chez les Égyptiens*, par **M. M. d'Ocagne** 173

BIBLIOGRAPHIE. — I. Théorie élémentaire des Séries, par Maur. Godefroy, **CH.-J. de la Vallée Poussin.** 195

II. La Mécanique. Étude historique et critique de son développement, par Ernest Mach, **P. Duhem** 198
III. Évaluation numérique des grandeurs géométriques, par J. Pionchon, **M. O.** 218
IV. Poussées des terres. Stabilité des murs de soutènement, par Jean Resal, **M. O.** 220
V. Cours d'Électricité, par H. Pellat, **V. S.** . . . 225
VI. Distribution de l'énergie par les Courants polyphasés, par J. Rodet. **R. S.** 227
VII. Instructions météorologiques, par Alfr. Angot, **V. S.** 230
VIII. Les Industries photographiques, par C. Fabre, **A. X.** 231
IX. La Vie et la Mort, par A. Dastre, **G. Hahn, S. J.** 232
X. Rivista critica del genere *Gossypium*, par le Dr Angelo Aliotta. **É. D. W.** 239
XI. Traité de Sylviculture, t. II. Exploitation et Aménagement des Bois, par P. Monillefert, **C. d. K.** 241
XII. La vie de jeune homme, par le Dr Surbled, **C. d. K.** 245
XIII. La vie de jeune fille, par le Dr Surbled, **C. d. K.** 247
XIV. Droit naturel, par A. Castelein, S. J. **K. G.** . . 248
XV. L'Avenir du Christianisme : la vie et la pensée chrétiennes dans le Passé, par Alb. Dufourcq, **P. Duhem** 252

Revue des recueils périodiques.
Ethnographie et Linguistique, par **J. G.** 261
Histoire des Mathématiques et des Sciences, par **H. Bosmans, S. J.** 282
Géographie, par **F. Van Ortroy.** 300
Hygiène, par le Dr **G. L.** 316
Culture industrielle, par **É. D. W.** 334

Bulletin bibliographique. 345

LIVRAISON D'AVRIL 1904

—

Les Instruments de précision en France, par **M. M. d'Ocagne** 353
La Syrie et son importance géographique, par le **R. P. H. Lammens, S. J.** 418
Les visées de la Sismologie moderne, par **M. le Cte F. de Montessus de Ballore** 461
L'Hygiène alimentaire dans les récents Congrès, par **M. J.-B. André** 482
La Télégraphie sans fil et son utilisation militaire, par **M. le capitaine commandant C. Beaujean** . . . 532
Les Origines de la Statistique, par **M. P. Duhem** . . . 560

Variétés. — I. *Le problème des Mondes semblables*, par **M. G. Lechalas** 577
Réponse de **M. le Colonel du Ligondès**. . . 603
II. *Le Coton*, par **M. É. D. W.** 604

Bibliographie. — I. Lehrbuch der analytischen Geometrie, bearbeitet von O. Fort und O. Schlömich. Erster Teil : Analytische Geometrie der Ebene, von O. Fort. Siebente Auflage. Besorgt von R. Heger in Dresden, **D. T.** 608
II. Propagation de l'Électricité. Histoire et Théorie, par Marcel Brillouin, **D. T.** 609
III. Cours élémentaire d'Astronomie et de Navigation, par P. Constan, **M. d'Ocagne**. 615
IV. Das Erdsphäroid und seine Abbildungen, par Dr E. Haentzschel, **E. Goedseels** 622
V. L'Industrie des Cyanures, par R. Robine et M. Lenglen, **H. D. G., S. J.** 623
VI. Dictionnaire de Chimie photographique, par G. et Ad. Braun, fils, **J. T.** 626
VII. Encyclopédie scientifique des Aide-Mémoire : 1° Précis d'Astronomie pratique, par P. Stroobant ; 2° Les Câbles sous-marins, travaux en mer, par A. Gay ; 3° Essais des Métaux, par

L. Gages ; 4° Essais des Combustibles, par D. Sidersky, **X.** 627
VIII. Brasserie et Malterie, par P. Petit, **T. H.** . . . 630
IX. Cartes de distribution géographique des principales matières premières d'origine végétale, par É. Perrot et H. Frouin, **É. D. W.** . . . 632
X. Travaux du Laboratoire de matières médicales de l'École supérieure de Pharmacie de Paris, par M. É. Perrot, **É. D. W.** 632
XI. Les Celtes, depuis les temps les plus anciens jusqu'en l'an 100 avant notre ère, par H. d'Arbois de Jubainville. **J. Van den Gheyn, S. J.** . . 634

REVUE DES RECUEILS PÉRIODIQUES.
ASTRONOMIE, par **R. J.** 639
GÉOLOGIE, par **M. A. de Lapparent** 662
BOTANIQUE, par **É. D. W.** 674
CHIMIE, **H. D. G., S. J.** 680
PHYSIQUE, par **J.-D. Lucas, S. J.** 686

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE. 699

Louvain. — Imp. POLLEUNIS & CEUTERICK, 32, rue des Orphelins, 32

AMNH LIBRARY
100226255